

邱冬, 陈昌海, 闫喜军, 等. 高致病性猪繁殖与呼吸综合征活疫苗和猪圆环病毒 2 型灭活疫苗联合免疫效果的评价 [J]. 畜牧与兽医, 2026, 58 (2): 104-109.

QIU D, CHEN C H, YAN X J, et al. Evaluation on the combined immunization effect of live vaccine for highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome and inactivated vaccine for porcine circovirus type 2 [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2026, 58 (2): 104-109.

高致病性猪繁殖与呼吸综合征活疫苗和猪圆环病毒 2 型灭活疫苗联合免疫效果的评价

邱冬¹, 陈昌海¹, 闫喜军², 刘云¹, 吴坤¹, 徐小艳¹, 任雪枫¹

(1. 江苏省动物疫病预防控制中心, 江苏 南京 210036;

2. 华威特(江苏)生物制药有限公司, 江苏 泰州 225300)

摘要: 为建立高致病性猪繁殖与呼吸综合征 (HP-PRRS) 与猪圆环病毒 2 型 (PCV2) 疫苗的高效联合免疫方案, 通过体外细胞感染试验及动物免疫试验评估了 2 种疫苗联合应用的可行性。试验组采用 PCV2 灭活疫苗稀释 HP-PRRS 活疫苗进行单点肌肉注射, 对照组采用 2 种疫苗分点注射, 采用商品化 ELISA 试剂盒检测免疫后抗体动态变化。结果: 疫苗混合后 1 h 内 HP-PRRS 病毒滴度保持稳定; HP-PRRS 抗体方面, 试验组 30 d 后抗体效价上升更快, 60 d 时平均 S/P 值达 2.01, 显著高于对照组 (1.55); 2 组 PCV2 抗体水平均持续上升, 90 d 时试验组与对照组分别为 2.16 和 2.29, 无显著差异 ($P>0.05$); 试验组 HP-PRRS 抗体较为均一, PCV2 抗体稍显离散。统计学分析表明, 2 种疫苗联合免疫未产生相互干扰, 试验组抗体效价与对照组较为一致。本研究证实了 HP-PRRS 活疫苗与 PCV2 灭活疫苗联合免疫的可行性, 为临床联合免疫提供了科学依据。

关键词: 高致病性猪繁殖与呼吸综合征活疫苗; 猪圆环病毒 2 型灭活疫苗; 联合免疫; 抗体

中图分类号: S858.28 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2026)02-0104-06

Evaluation on the combined immunization effect of live vaccine for highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome and inactivated vaccine for porcine circovirus type 2

QIU Dong¹, CHEN Changhai¹, YAN Xijun², LIU Yun¹, WU Kun¹, XU Xiaoyan¹, REN Xuefeng¹

(1. Jiangsu Province Animal Disease Control Center, Nanjing 210036, China;

2. Huawei (Jiangsu) Biological Pharmaceutical Co., Ltd., Taizhou 225300, China)

Abstract: To establish a convenient and effective co-immunization method for highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome (HP-PRRS) and porcine circovirus type 2 (PCV2), this study evaluated the feasibility of combined vaccination through *in vitro* cell infection and pig immunization experiments. The test group received a single intramuscular injection of HP-PRRS live vaccine diluted with PCV2 inactivated vaccine, while the control group received separate injections at two sites; and their antibody responses were monitored using commercial ELISA kits. The results showed that the HP-PRRS virus titers remained stable within one hour after mixing. For HP-PRRS antibodies, the test group exhibited faster antibody elevation at 30 days post-immunization, with a significantly higher mean S/P value (2.01) at 60 days, compared with the control group (1.55). For PCV2, the antibody levels increased in both groups, reaching 2.16 (the test group) and 2.29 (the control group) at 90 days, respectively, with no significant difference ($P>0.05$). The test group demonstrated more uniform HP-PRRS antibody responses but slightly dispersed PCV2 antibodies. The statistical analysis confirmed no interference in antibody production between the two vaccines, with comparable efficacy between the groups. This study validated the feasibility of co-administering HP-PRRS live vaccine and PCV2 inactivated vaccine, providing a practical solution for field immunization.

Keywords: live vaccine for HP-PRRS; inactivated vaccine for porcine circovirus type 2; combined immunization; antibody

收稿日期: 2025-03-03; 修回日期: 2025-12-08

基金项目: 江苏现代农业(生猪)产业技术体系疾病防控创新团队项目(JATS [2021] 358); 江苏现代农业(生猪)产业技术体系疾病防控创新团队项目(JATS [2022] 361)

第一作者: 邱冬, 男, 硕士, 兽医师, 主要从事动物疫病防控与新技术研究推广工作, E-mail: 2455300733@qq.com。

猪繁殖与呼吸综合征 (PRRS) 自 20 世纪 80 年代末首次暴发以来, 已成为全球养猪业最具挑战性的疾病之一^[1]。该病由猪繁殖与呼吸综合征病毒 (PRRSV) 引起, 主要感染猪, 能够引起母猪繁殖障碍、仔猪发生呼吸道疾病以及各日龄猪的免疫性抑制, 造成严重的经济损失^[2]。PRRSV 具有高度变异性, 2016 年, 国际病毒分类学委员会将其分类成 2 个独立的病毒物种 (PRRSV-1 和 PRRSV-2), 每种基因型又包含多种谱系, 其毒力和致病性差异显著^[3]。2006 年因病毒发生变异, 导致成年猪发热、呼吸困难和大量急性死亡, 即所谓的“高致病性猪繁殖与呼吸综合征 (HP-PRRS)”^[4]。猪圆环病毒病 (PCVD) 多是由猪圆环病毒 2 型 (PCV2) 引起的一系列疾病的总称, PCV2 主要引起断奶仔猪多系统衰竭综合征 (PMWS), 该病于 1991 年在加拿大首次证实, 美国、法国、日本、韩国等相继发现猪群中存在 PMWS^[5]。我国猪群也有本病流行, 并且危害严重。自 1991 年首次在加拿大被发现以来, PCV2 迅速传播至全球, 成为危害养猪业的重要病原之一。该病毒可感染各日龄段猪, 导致断奶仔猪 PMWS、猪皮炎与肾病综合征 (PDNS)、繁殖障碍等多种临床表现, 造成一定的经济损失^[6]。PCV2 感染猪后也会导致免疫系统抑制, 使其更容易继发感染其他疾病, 如 PRRSV 等, 进一步加剧疾病的严重程度^[7]。

疫苗的免疫接种对防控这 2 种传染病极为重要, 其中 HP-PRRS 常用疫苗为弱毒活疫苗, 能刺激较强的免疫反应, 提供更好的保护效果, 接种后能迅速激发免疫反应。PCV2 灭活疫苗不含活病毒, 不会引起病毒扩散或毒力返强, 安全性较高, 免疫效果稳定, 与其他疫苗兼容, 若同时使用, 可减少猪接种次数和应激。目前在临床免疫程序复杂的背景下, 本研究首次使用 PCV2 灭活疫苗作为稀释液稀释 HP-PRRS 活疫苗, 然后将这 2 种疫苗混合后采用直接单点联合免疫, 以评价 2 种疫苗联合免疫方法的可行性, 同时在实验室检测评价了商品化的 PCV2 灭活疫苗对 HP-PRRS 活疫苗中病毒活性的影响, 旨在建立一种针对 HP-PRRS 和 PCVD 更简便的联合免疫方法。

1 材料与方法

1.1 主要材料和试剂

HP-PRRS 活疫苗 (TJM-F92) 购于华威特 (江苏) 生物制药有限公司 (生产批号: 202105004), 每头份疫苗含弱毒株 TJM-F92 $\geq 10^{5.0}$ TCID₅₀。PCV2 灭活疫苗购于国药动保有限公司 (生产批号: 20210211), 该疫苗采用水性佐剂, 使用 β -丙内酯化学灭活剂进行灭活处理。DMEM 完全培养基、胎牛

血清 (FBS), 购自 Gibco 公司。T-25 细胞培养瓶、96 孔细胞培养板购自康宁公司。PRRSV 抗体 ELISA 检测试剂盒购于北京金诺有限公司 (生产批号: 20211130140)。PCV2 抗体 ELISA 检测试剂盒购于莱普生科技有限公司 (批号 CE2021010901)。PRRSV 荧光 RT-PCR 检测试剂盒购于哈尔滨国生生物科技有限公司 (生产批号: 20210516)。PCV2 实时荧光 PCR 检测试剂盒购自北京世纪元亨公司 (生产批号: 2022CE1209)。非洲猪瘟病毒 (ASFV) 荧光 PCR 检测试剂盒购自青岛立见有限公司 (生产批号: 20210014)。

1.2 联合免疫用疫苗的制备

采用 1 头份 PCV2 灭活疫苗 (2 mL) 与 1 头份 HP-PRRS 活疫苗的比例配制联合免疫疫苗。把 PCV2 灭活疫苗作为疫苗稀释液使用, 根据 HP-PRRS 活疫苗的包装规格 (头份) 对其进行稀释, 所有操作均在无菌环境中完成, 严格防止污染。同时, 以相同比例使用专用稀释液对 HP-PRRS 活疫苗进行稀释。上述 2 组稀释后的疫苗将用于后续的细胞感染及免疫试验, 稀释后的疫苗暂存于 4 °C 环境中备用。

1.3 HP-PRRS 活疫苗稀释后病毒滴度的检测

使用 Marc-145 细胞, 迅速置于 37 °C 水浴中解冻, 随后以 1 000 r/min 的转速在室温下离心 5 min, 加入适量含 10% FBS 的 DMEM 培养基, 置于细胞培养箱中培养。将复苏后的细胞培养 24 h 后进行传代, 待细胞生长至最佳生长状态后备用。将 PBS 稀释的 HP-PRRS 疫苗及 PCV2 稀释的 HP-PRRS 疫苗分别进行梯度稀释, 接种至 96 孔板中, 每个稀释度设置 8 个重复孔, 并设立仅添加 PBS 的空白对照孔。2 种 HP-PRRS 疫苗在稀释后 1 和 2 h 分别按上述方法进行重复感染试验, 分为稀释 0、1 及 2 h 的感染组。感染后的细胞在培养箱中培养 96 h, 观察细胞病变 (CPE) 情况, 并计算 TCID₅₀ (半数组织感染量)。每组试验数据至少重复 3 次, 采用 SPSS 25.0 软件进行方差分析, 结果用平均值表示, $P < 0.05$ 为差异显著。

1.4 试验猪的免疫接种

试验选用 80 头 14 日龄健康长白×大白二元杂交仔猪 (杜洛克父系), 均来自泰州某核心种猪场 PRRSV 抗原/抗体双阴性群的同期配种经产母猪 (2~4 胎次), 采用随机分组方法将其均分为 2 组, 每组 40 头。该场通过严格的生物安全管理和季度性抗体、抗原监测, 持续维持 PRRSV 双阴性状态超过 3 年。母猪妊娠期饲喂标准妊娠日粮, 哺乳期自由采食哺乳料。所有仔猪出生体重 1.3~1.8 kg, 14 日龄猪对照组平均体重 (5.14±1.67) kg, 试验组平均体

重 (5.62±3.26) kg, 所有试验猪已按猪场常规程序接种猪瘟疫苗。试验前在环境控制室, (28±1)℃适应 3 d, 自由采食教槽料。对照组采用常规免疫方式, 在猪颈部两侧分别接种 2 种不同的疫苗; 试验组则采用联合免疫方案, 将 2 种疫苗混合后实施单侧颈部一次性注射 (联合免疫)。2 组受试猪的疫苗免疫剂量均严格按照标准。本试验中所有受试猪所免疫的剂量均为 1 头份。

1.5 试验猪病原核酸检测

采集试验猪口鼻拭子, 按照病毒核酸提取试剂盒说明书提取核酸。PRRSV 荧光 RT-PCR 检测试剂盒、PCV2 实时荧光 PCR 检测试剂盒和 ASFV 荧光 PCR 检测试剂盒按照说明书进行操作, 检测引物和探针由生产厂家提供。PRRSV 荧光 RT-PCR 反应体系 (25 μL): 2×One-Step RT-PCR Buffer Mix 12.5 μL, 特异性引物和探针 2.5 μL, RNA 模板 5.0 μL, 无核酸酶水 5.0 μL。扩增程序: 50℃反转录 30 min; 95℃变性 10 s, 55℃延伸 45 s, 共 40 个循环。Ct 值 ≤38, 且有典型的“S”型扩增曲线, 判定为阳性。

PCV2 实时荧光 PCR 反应体系 (25 μL): 2×qPCR Mix 12.5 μL, 特异性引物和探针 2.5 μL, DNA 模板 5.0 μL, 无核酸酶水 5.0 μL。扩增程序: 95℃预变性 5 min; 95℃变性 15 s, 58℃延伸 40 s, 共 40 个循环。Ct 值 ≤38, 且有典型的“S”型扩增曲线, 判定为阳性。

ASFV 荧光 PCR 反应体系 (20 μL): 2×qPCR Mix 10 μL, 特异性引物和探针 2.5 μL, DNA 模板 2.5 μL, 无核酸酶水 5.0 μL。扩增程序: 95℃预变性 5 min; 95℃变性 10 s, 55℃延伸 20 s, 共 40 个循环。Ct 值 ≤35, 且有典型的“S”型扩增曲线, 判定为阳性。

1.6 猪群免疫后生产性能评估

免疫接种完成后, 对 2 组猪的体温变化、饲料消耗量及精神状态进行监测和记录; 同时, 记录所有试验猪的日常生长数据, 包括死亡率、淘汰率及日增重等指标。试验开始时, 随机选取 20 头 14 日龄的试验猪, 测定其平均初始体重。试验周期为 90 d, 每组随机选取 20 头猪进行定期称重, 计算平均体重, 并根据 104 日龄的数据计算平均日增重。

1.7 猪群免疫后抗体水平检测

在免疫前 (0 d) 及免疫后 15、30、60、90 d, 分别对试验组和对照组猪群进行血液采集。随机选取对照组和试验组各 30 头猪, 共采集 300 份血液样本。将采集的血液样本分离血清, 采用 ELISA 方法检测 HP-PRRS 和 PCV2 的抗体水平, 分析 2 种免疫方式免疫猪后抗体 S/P 平均值随天数的变化情况, S/P 平

均值是用于评估猪群免疫效果和抗体水平的重要指标, S/P 值越大, 表明样本中抗体的浓度相对越高。PRRSV 和 PCV2 ELISA 抗体检测试剂盒判定标准均为 S/P 值 ≥0.4 判为阳性, S/P 值 <0.4 判为阴性。并对检测结果进行统计学分析, 以评估不同免疫方案的免疫效果。

1.8 数据统计与分析

采用 SPSS 25.0 软件进行 *t* 检验显著性分析。试验结果除病毒滴度外用“平均值±标准差”表示。P < 0.05 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 疫苗混合后对 PRRSV 滴度的影响

分别采用无菌 PBS 和 PCV2 灭活疫苗对 HP-PRRS 活疫苗进行稀释, 在稀释后 0、1 和 2 h, 将 2 种混合疫苗按不同稀释度接种至 Marc-145 细胞中; 接种后 96 h, 通过观察 CPE 情况, 采用 Reed-Muench 法计算 HP-PRRS 活疫苗稀释液的 TCID₅₀。结果显示 (表 1), 2 种疫苗混合后 1 h 内, PRRSV 的滴度未出现显著下降; 混合后 2 h, PRRSV 滴度略有降低, 但差异均未达到显著水平。以上结果表明, 混合疫苗应在 1 h 内完成免疫注射, 以确保疫苗活性。

表 1 HP-PRRS 活疫苗稀释后病毒滴度的测定

组别	混合时间/h		
	0	1	2
PBS 稀释	10 ^{5.83}	10 ^{5.21}	10 ^{4.16}
PCV2 疫苗稀释	10 ^{5.26}	10 ^{5.04}	10 ^{4.09}

2.2 猪群免疫后生产性能的比较分析

试验过程中, 对 2 组免疫猪的精神活力、体温、采食量及试验期间的死淘率、平均日增重进行生记录 (表 2、3)。不同免疫方式对 2 组试验猪的精神状态、采食情况及体温无显著影响。对照组和试验组分别出现 3 头 (7.5%) 和 1 头 (2.5%) 死淘猪, 死淘率均低于 10%, 符合疫苗安全性评估标准。死亡猪体表无外伤, 未观察到急性症状 (如高热、呼吸困难、严重腹泻等), 初步判定为非特异性死亡。为进一步明确死因, 对死亡猪进行尸体解剖及实验室检测, 尸体剖检可以看到所有死亡猪均未发现间质性肺炎、淋巴结肿大、出血等典型病变。实验室病原检测采用实时荧光定量检测 PRRSV (ORF5 基因)、PCV2 (ORF2 基因) 和 ASFV (P72 基因), 结果均为阴性。细菌培养 (肺、肝组织) 未检出猪链球菌、副猪嗜

血杆菌等致病性细菌。采集死亡猪心脏血液进行血清学分析，HP-PRRS 和 PCV2 抗体水平与同组存活猪无显著差异，排除疫苗免疫失败导致的感染。结果表

明，2种免疫方式的疫苗安全性可靠。对照组受试猪的平均日增重略高于试验组，但差异不显著。

表 2 免疫后 5 d 内及免疫后 6~90 d 的状态表现

组别	免疫后 5 d 内			免疫后 6~90 d		
	精神状态	采食量	体温异常	精神状态	采食量	体温异常
对照	良好	正常	无	良好	正常	无
试验	良好	正常	无	良好	正常	无

表 3 免疫后 1~90 d 死淘率及生长情况

组别	试验开始猪头数	试验结束猪头数	死淘率/%	试验开始时平均体重/kg	试验结束时平均体重/kg	平均日增重/g
对照	40	37	7.5	5.14±1.67	68.20±4.59	678.40±16.36
试验	40	39	2.5	5.62±3.26	67.60±5.76	666.40±10.53

2.3 2种免疫方式抗体检测结果比较

HP-PRRS 抗体 S/P 平均值变化情况见图 1。免疫前 2 组 S/P 平均值相差不大；免疫后 15 d，2 组增长幅度相近；免疫后 30 d，对照组为 0.90，试验组抗体 S/P 平均值急剧上升至 1.43；免疫后 60 d，试验组继续上升至 2.01，对照组为 1.55；免疫后 90 d，对照组升至 1.70，试验组稍有下降至 1.91。结果表明试验组在免疫 30 d 后抗体增长速度优于对照组，60 d 时抗体水平高于对照组，表明联合免疫更能促使机体更快产生较高水平抗体。PCV2 抗体 S/P 平均

值变化情况见图 2，免疫前试验组 S/P 平均值较为一致；免疫后 15 d，对照组为 0.39，试验组升至 0.37；免疫后 30 d，对照组为 0.65，试验组升至 0.83；免疫后 60 d，对照组为 1.64，试验组大幅上升至 1.97；免疫后 90 d，对照组则达到 2.29，试验组升至 2.16，略高于试验组。结果表明，虽然对照组和试验组在免疫后抗体水平均呈上升趋势，但 90 d 时对照组抗体水平略高于试验组。整体来看，2 组对 PCV2 的免疫效果差异不太明显。

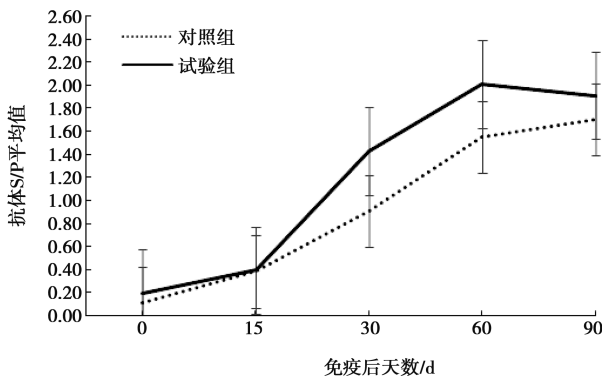


图 1 HP-PRRS 抗体检测结果比较

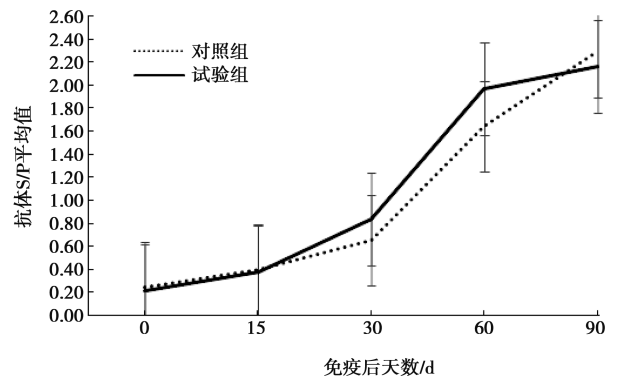


图 2 PCV2 抗体检测结果比较

2.4 2种免疫方式抗体阳性率比较分析

分析 2 种免疫方式免疫猪后抗体阳性率随天数的变化情况，HP-PRRS 抗体变化情况见图 3。对照组在免疫后 15~60 d 呈现稳步增长，在免疫 60 d 后达到高峰，60~90 d 趋于稳定，整体来看免疫后出现稳步增长；试验组在免疫后 15 d 后抗体阳性率开始急剧增长，在免疫 30 d 后达到高峰，30~90 d 趋于稳

定，整个过程呈现稳步增长。与对照组相比，试验组在 30、90 d 略高于对照组，在 15、60 d 略低于对照组，总体来看，2 组抗体增长趋势较为一致，差异不显著，在免疫后 15~90 d 后均出现稳步增长，在免疫 30 d 后抗体阳性率分别达到 83.38%、80.30%。PCV2 抗体变化情况见图 4，对照组在免疫后 15~60 d 上升较为明显，在免疫后 90 d 趋于稳定；试验

组在免疫后 15~60 d 出现较快增长, 在 60 d 达到高峰, 在 90 d 略有降低。与对照组相比, 试验组在免疫后 30、60 d 均高于对照组, 在免疫后 15、90 d 略低于对照组, 2 组整体变化趋势较为一致, 差异不显著, 在免疫后 15~60 d 均出现较快速度增长, 在免疫后 30 d 抗体阳性率分别达到 83.30%、75.20%。以上表明 2 种免疫方式产生的抗体水平无明显差别。

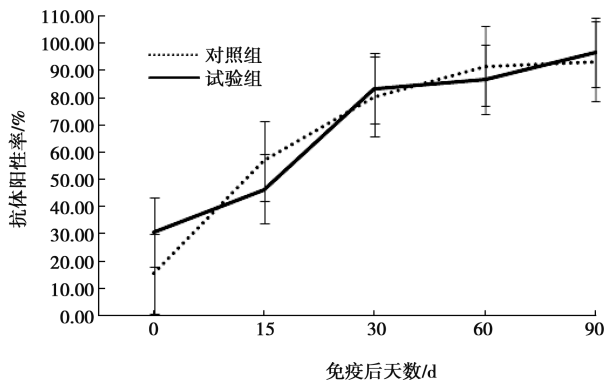


图 3 HP-PRRS 抗体阳性率比较

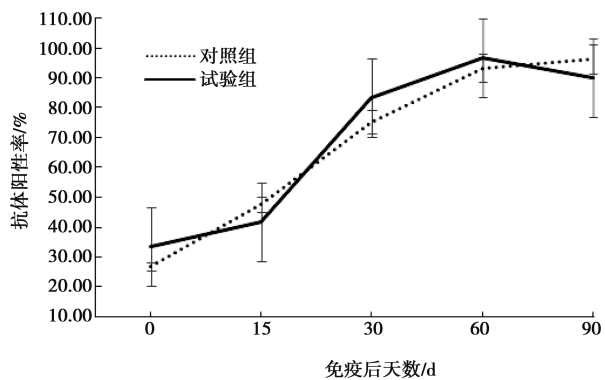


图 4 PCV2 抗体阳性率比较

2.5 免疫后抗体分布的标准偏差分析

对照组和试验组免疫后, 对其抗体 S/P 值标准偏差进行分析。免疫 HP-PRRS 活疫苗后, 试验组猪群 S/P 值的标准偏差在免疫后 15 d 低于对照组, 免疫后 30~90 d 略高于对照组, 免疫后 60 d 与对照组基本持平, 但免疫后 90 d 试验组低于对照组, 此时试验组 S/P 值标准偏差更小, 抗体离散程度较低, 抗体水平较为一致, 见图 5。免疫 PCV2 灭活疫苗后, 试验组猪群 S/P 值的标准偏差在免疫后 15 d 低于对照组, 此时试验组 S/P 值标准偏差最小, 抗体离散程度较低, 抗体水平较为整齐, 但在免疫后 30~90 d 略高于对照组, 见图 6。结果表明, 试验组免疫 HP-PRRS 活疫苗后抗体滴度较对照组离散度更低, 试验组免疫 PCV2 灭活疫苗后抗体滴度较对照组略离散。

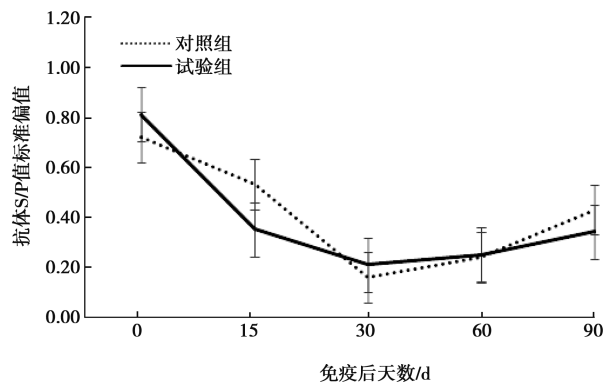


图 5 HP-PRRS 抗体 S/P 值标准偏差分析

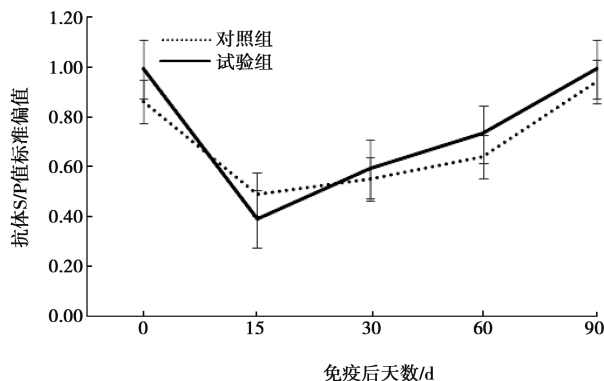


图 6 PCV2 抗体 S/P 值标准偏差分析

3 讨论

在养猪业中, 疫苗的联合使用是一种常见的策略, 旨在通过一次免疫程序预防多种疾病, 从而提高免疫效率、减少接种次数和降低劳动成本。PCV2 和 PRRSV 是 2 种常见的免疫抑制病毒, 它们的共感染会加剧疾病的严重程度。研究表明, PCV2 疫苗与 HP-PRRS 疫苗联合使用可以有效减少 2 种病毒的共感染, 提高猪的生长性能和存活率。例如, 一项田间试验显示, 联合使用 PCV2 和 HP-PRRS 疫苗的猪群在生长速度和死亡率方面均优于单独使用其中一种疫苗的猪群^[8]。近年来, 关于 2 种或 2 种以上疫苗的联合免疫方法已有多个报道, 如 PCV2 灭活疫苗和猪瘟病毒冻干活疫苗联合免疫^[9], 猪口蹄疫和猪瘟疫苗联合免疫^[10], 猪瘟、猪三联活疫苗与猪伪狂犬病活疫苗联合免疫^[11]等。本试验发现, 采用 PCV2 水佐剂灭活疫苗稀释 HP-PRRS 活疫苗的联合免疫策略, 在保证疫苗相容性的前提下, 成功实现了抗体水平的临床效果。

本试验采用 PCV2 灭活疫苗稀释 HP-PRRS 活疫苗制成疫苗悬混液后, 在检测该液体中 HP-PRRS 活疫苗性能, 发现 HP-PRRS 活疫苗的活性在混合后

1 h 内不会降低, 混合后 2 h 略有下降, 因此在临床免疫过程中, 混合疫苗最好在混合后 1 h 内完成, 室温情况下长时间放置可能会降低疫苗的病毒含量。试验过程中有一定比例的死淘猪, 但总体育成率均在 90% 以上, 试验组死淘率更低, 可能与联合免疫减少注射应激有关, 对照组分点注射需 2 次肌肉穿刺, 可能增加局部炎症反应风险, 而试验组单次混合免疫降低了机械性刺激; 死亡猪均发生于试验初期 (免疫后 7 d 内), 推测与断奶应激, 14 日龄免疫时尚未完全适应教槽料, 或个体弱仔有关。猪日增重较为明显, 说明混合疫苗对猪的生长安全性良好。试验组和对照组免疫 30 d 后, HP-PRRS 抗体阳性率均超过了 80%, 且之后 60 d 内能维持在较高水平, 完全达到了免疫抗体合格率要求^[12]。试验组和对照组猪免疫前 PCV2 母源抗体水平较高, 在免疫后 15 d 抗体水平上升较为有限, 但在免疫后 30 d 抗体水平上升明显, 在免疫后 60 d 抗体离散度增加。针对 PCV2 抗体离散度问题, 一方面可借鉴病毒载量, 另外还要结合生产数据进行协同分析^[13]。

本研究采用 2 种疫苗混合单点免疫方式, 创新了 HP-PRRS 和 PCVD 这 2 种生猪重要疫病联合免疫技术, 推广应用了规模猪场联合免疫程序, 将分别需要 2 次注射的免疫次数减少为 1 次完成, 且免疫效果不受影响, 平均每头商品猪免疫人工成本费大为减少, 解决了影响生猪生产的免疫频率高的问题, 有效提高免疫效率, 减少免疫应激, 节约劳动力, 降低生物安全风险, 真正实现“一针双免”的免疫效果。尽管疫苗联合使用具有诸多优势, 但也需要注意以下几点: ①疫苗相容性, 不同疫苗之间的相容性需要经过严格测试, 确保不会相互干扰; ②接种程序, 合理安排接种时间和顺序, 避免免疫系统过度负担; ③监测与评估, 定期监测免疫效果和猪群健康状况, 及时调整免疫策略。总之, 通过合理设计和实施疫苗联合使用方案, 可以显著提高猪群的健康水平和生产性能, 为养猪业的高质量发展提供有力保障。

参考文献:

[1] LUNNEY J K, FANG Y, LADINIG A, et al. Porcine reproductive

and respiratory syndrome virus (PRRSV): pathogenesis and interaction with the immune system [J]. *Annu Rev Anim Biosci*, 2016, 4: 129-154.

[2] NEUMANN E J, KLIEBENSTEIN J B, JOHNSON C D, et al. Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome on swine production in the United States [J]. *J Am Vet Med Assoc*, 2005, 227 (3): 385-392.

[3] STADEJEK T, OLEKSIEWICZ M B, SCHERBAKOV A V, et al. Definition of subtypes in the European genotype of porcine reproductive and respiratory syndrome virus: nucleocapsid characteristics and geographical distribution in Europe [J]. *Arch Virol*, 2008, 153 (8): 1479-1488.

[4] 陈溥言, 姜平. 兽医传染病学 [M]. 7 版. 北京: 中国农业出版社, 2024.

[5] WELLENBERG G J, STOCKHOFE-ZURWIEDEN N, BOERSMA W J A, et al. The presence of co-infections in pigs with clinical signs of PMWS in The Netherlands: a case-control study [J]. *Res Vet Sci*, 2004, 77 (2): 177-184.

[6] OPRIESSNIG T, MENG X J, HALBUR P C. Porcine circovirus type 2 associated disease: update on current terminology, clinical manifestations, pathogenesis, diagnosis, and intervention strategies [J]. *J Vet Diagn Invest*, 2007, 19 (6): 591-615.

[7] SEGALÉS J. Porcine circovirus type 2 (PCV2) infections: clinical signs, pathology and laboratory diagnosis [J]. *Virus Res*, 2012, 164 (1/2): 10-19.

[8] 夏春香, 肖啸, 李志敏. 猪圆环病毒病研究进展 [J]. *动物医学进展*, 2005, 26 (1): 35-38.

[9] 陈昌海, 连拯民, 王相子, 等. 猪瘟疫病毒-猪圆环病毒 2 型疫苗联合免疫效果的评价 [J]. *畜牧与兽医*, 2022, 54 (2): 119-123.

[10] 陈昌海, 蒋锁俊, 邱冬, 等. 猪瘟疫活疫苗-猪口蹄疫 O 型、A 型二价灭活疫苗联合免疫效果的评价 [J]. *畜牧与兽医*, 2023, 55 (3): 84-87.

[11] 陈昌海, 连拯民, 邱冬, 等. 三种猪用疫苗联合免疫的可行性分析 [J]. *中国兽药杂志*, 2023, 57 (5): 6-12.

[12] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 猪繁殖与呼吸综合征诊断方法: GB/T 18090—2023 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.

[13] 王小龙, 张青, 熊培鑫, 等. 通过检测血清中的病毒载量评估不同圆环病毒疫苗对母猪的免疫效果 [J]. *中国动物检疫*, 2017, 34 (11): 74-78.