



伪狂犬病病毒野毒感染猪场的 gE 抗体阳性头胎母猪生产成绩调查

于学祥^{1, 2, 3}, 朱娴静^{1, 2, 3}, 孙琪^{1, 2, 3}, 库旭钢^{1, 3}, 罗锐^{1, 2}, 范盛先¹, 何启盖^{1, 2, 3*}

(1. 华中农业大学动物医学院, 武汉 430070; 2. 农业微生物学国家重点实验室, 武汉 430070;

3. 生猪健康养殖协同创新中心, 武汉 430070)

摘要: 伪狂犬病(Pseudorabies, PR)是由伪狂犬病病毒(Pseudorabies virus, PRV)感染多种野生动物及家畜引起的急性、热性的高度接触性传染病。为掌握 PRV 隐性感染对头胎母猪生产成绩的影响,本研究跟踪调查某一 PRV 野毒阳性稳定万头母猪场中野毒 gE 抗体阴性和阳性的头胎母猪总产仔数、健仔数、弱仔数、死胎数、木乃伊胎数、仔猪初生窝重以及断奶活仔数、断奶合格仔数、仔猪断奶重等不同生产成绩指标,探索相同饲养条件下伪狂犬病对头胎母猪各生产指标的影响。结果发现,每头 PRV 野毒 gE 抗体阴性头胎母猪每窝平均可产 11.96 头活仔猪,比 gE 抗体阳性母猪每胎次多产活仔 0.63 头,以及每胎次可多提供 0.18 头断奶活仔,每胎次多提供 0.28 头断奶合格仔。虽然 PRV 野毒 gE 抗体阳性母猪所产仔猪初生均重及断奶均重均高于 gE 抗体阴性母猪所产仔猪,但 gE 抗体阴性母猪所产仔猪断奶合格率高于 gE 抗体阳性母猪,表明其断奶活仔整齐度更高。综上,PRV 野毒 gE 抗体阳性的头胎母猪生产成绩低于 gE 抗体阴性母猪,伪狂犬病的净化可为猪场带来更高的经济效益,表明伪狂犬病的净化至关重要。

关键词: 伪狂犬病;规模化猪场;野毒感染;生产成绩

中图分类号:S855.3

文献标志码:A

文章编号:0366-6964(2020)11-2778-07

Investigation on the Production Performance of gE Antibody Positive Sows in Pig Farms Infected with Wild Type Pseudorabies Virus

YU Xuexiang^{1, 2, 3}, ZHU Xianjing^{1, 2, 3}, SUN Qi^{1, 2, 3}, KU Xugang^{1, 3},

LUO Rui^{1, 2}, FAN Shengxian¹, HE Qigai^{1, 2, 3*}

(1. College of Veterinary Medicine, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. State Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Wuhan 430070, China;

3. The Cooperative Innovation Center for Sustainable Pig Production, Wuhan 430070, China)

Abstract: Pseudorabies (PR) is caused by the Pseudorabies virus (PRV). It is an acute and hot highly contagious disease infecting livestock and a wide range of wild animals. In order to investigate the relationship between latent infection of Pseudorabies virus and sow production performance, this study collected production parameters of first-parity sows with wild virus gE positive and negative in a Pseudorabies positive stable intensive farm, including total litter size, healthy litter size, weak litter size, stillbirths, mummified fetus, litter weight, number of weaning live, number of weaning qualified and weaning weight. And compared the production performance of

收稿日期:2020-03-14

基金项目:湖北省技术创新专项(对外科技合作)(2018AHB011);武汉市应用基础研究计划(2017020201010227)

作者简介:于学祥(1991-),男,山东聊城人,兽医师,博士,主要从事动物传染病研究,E-mail: yuxuexiang@webmail.hzau.edu.cn

* 通信作者:何启盖,主要从事动物传染病和动物疾病防控与净化研究,E-mail: he628@mail.hzau.edu.cn

PRV gE antibody negative and positive sows in the same intensive pig farm. The study showed that each PRV gE antibody negative sow could produce 11.96 live piglets per parity. Additionally, PRV gE antibody negative sow could provide more alive, weaning and weaning qualified piglets per parity than infection sows, which were 0.63, 0.18 and 0.28, respectively. Although the average birth weight and average weaning weight of piglets produced by PRV gE antibody positive sows were higher than those produced by negative sows, the weaning qualified rate of antibody negative sows was higher than that of antibody positive sows, indicating that the weaning live piglets produced by antibody negative sows had higher uniformity. In summary, the production performance of PRV gE antibody positive sows was lower than that of the negative sows. Eradication of PR can bring higher profit to the pig farm. Pig farm should actively eradicate the PR.

Key words: Pseudorabies; intensive pig farm; infection with the wild virus; production performance

* **Corresponding author:** HE Qigai, E-mail: he628@mail.hzau.edu.cn

伪狂犬病(Pseudorabies, PR)是由伪狂犬病病毒(Pseudorabies virus, PRV)感染引起的一种急性、热性传染病^[1-2]。猪是感染 PRV 后唯一可以存活的物种,因此,猪是 PRV 唯一的自然宿主和储存宿主^[3]。所有日龄的猪均易感 PRV,仔猪阶段死亡率最高,其他阶段猪发病后多能耐过,或呈隐性感染状态,感染猪往往终身带毒,即使是处于潜伏感染状态的猪也能向体外排出大量病毒^[3]。母猪感染后多见繁殖障碍,主要表现为屡配不孕、返情率高、妊娠期流产、产死胎和木乃伊胎等;公猪多表现为睾丸肿胀、睾丸炎、睾丸萎缩等不同症状,病猪失去种用价值^[4-5]。该病还可继发细菌性疾病的感染^[6],目前有学者报道,PRV 可以跨物种传播给人类,可导致感染者患有严重的神经系统后遗症,表现出失明、记忆障碍、最低意识状态以及持续性植物人状态^[7]。

我国学者于 1948 年首次报道了 PRV 感染病例并成功在猫体内分离到了病毒。随后,我国学者陆续分离到一些代表性的 PRV 毒株,并在此基础上研制出了我国第一代 PRV 疫苗,使得 PRV 在我国的流行得到了有效的控制,并逐步开始 PR 根除计划^[8-9]。根据《国家中长期动物疫病防治规划(2012—2020 年)》,在 2020 年,全国所有种猪场达到猪伪狂犬病净化标准,但由于我国养殖总量较大、散养户较多,且 2011 年后变异 PRV 株的出现,加大了我国净化 PR 的难度^[10-11]。目前,全国种猪场已按照国家标准开展 PR 净化工作。但由于 PRV 可在猪只体内潜伏感染,所以,该病在很多猪场呈隐性感染状态,国内很多隐性感染商品猪场认为猪只未发病则可不净化或减缓净化速度。

本研究通过比较某规模化猪场中 PRV 野毒 gE 抗体阳性头胎母猪与 gE 抗体阴性头胎母猪生产成绩的不同,探索 PR 阳性稳定猪只生产成绩的情况,反映 PR 净化对提高生产成绩的必要性。

1 材料与方法

1.1 猪场背景信息

本研究对 2017 年投入生产的一个新建二元母猪商品场进行调查。该猪场设计存栏母猪 1 万头,公猪 128 头,使用一头公猪的精液进行两次深部输精技术配种。其中,后备公、母猪于 185 日龄免疫猪瘟病毒疫苗,192 日龄免疫细小病毒和乙脑病毒疫苗,200 日龄免疫口蹄疫疫苗,207 日龄免疫伪狂犬病活疫苗,214 日龄免疫蓝耳病灭活疫苗。该场在 2017 年底引种过程中暴发伪狂犬病,后经紧急免疫伪狂犬病灭活疫苗,配合生产管理、控制人流物流、灭鼠等系列措施,成功控制了此次疫情,进入伪狂犬病阳性稳定阶段。

1.2 收集队列研究数据

本研究跟踪调查该场在 2018 年 3—7 月生产且断奶的母猪各项生产成绩,共收集该场 1 545 头第一胎母猪的生产信息。包括窝产总仔数、健仔(标准:初生重高于 0.8 kg 且活力好的仔猪)、弱仔(标准:初生重低于 0.8 kg 或活力差的仔猪)、死胎、木乃伊胎、活仔初生窝重、断奶活仔数、21 d 断奶合格仔(标准:体重大于等于 5.0 kg,无残缺的健康仔猪)、仔猪断奶重等信息。

1.3 猪群 PRV 野毒 gE 抗体检测

对跟踪调查的 1 545 头一胎母猪和配种的 78 头

公猪采集静脉血液样品,保存在 5 mL 无抗凝剂的采血管中,血液样品置 37 °C 温箱温育 30 min, 3 000 r·min⁻¹ 离心 5 min,分离血清,4 °C 保存备用,要求血清清亮,无溶血。血清使用 IDEXX gE-ELISA 抗体检测试剂盒(敏感性和特异性分别为 96.7%和 99.8%)检测抗体水平。检测方法参考试剂盒说明书。

1.4 数据处理

活仔数=健仔数+弱仔数;断奶活仔率(%)=断奶活仔数/出生活仔数×100;断奶合格率(%)=断奶合格仔数/断奶活仔数×100。本研究使用两种常用的显著性检验方法,一种为适用于两组数据平均数分析的方差齐性检验,一种为适合于离散型变

量分析的卡方检验。 $P>0.05$ 认为差异不显著,* $P<0.05$ 认为差异显著,** $P<0.01$ 和 *** $P<0.001$ 认为差异极显著。

2 结果

2.1 抗体检测结果及各项生产数据统计

检测采集的 1 545 头母猪与 78 头公猪血清中 gE 抗体,其中 78 头公猪和 1 104 头母猪为 PRV 野毒 gE 抗体阴性,441 头母猪为 gE 抗体阳性。其中,PRV 野毒 gE 抗体阴性母猪的活仔初生总重和断奶活仔总重分别为 18 707 kg 和 57 755 kg,gE 抗体阳性母猪的活仔初生总重和断奶活仔总重分别为 7 342.5 kg 和 23 639.5 kg,其余生产数据见表 1。

表 1 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪各项生产数据

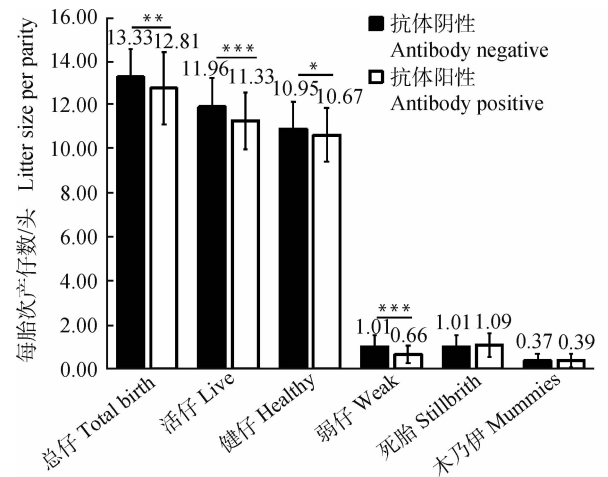
Table 1 Production data of wild type PRV gE antibody negative and positive sows

背景 Background	母猪 Sow	总仔 Total birth	健仔 Healthy	弱仔 Weak	死胎 Stillbirth	木乃伊 Mummies	断奶活仔 Weaning	断奶合格仔 Weaning qualified
PRV 野毒 gE 抗体阴性母猪 Wild type PRV gE antibody negative sows	1 104	14 722	12 082	1 119	1 116	405	10 882	10 724
平均 Average		13.33±1.28	10.95±1.24	1.01±0.53	1.01±0.51	0.37±0.31	9.86±1.48	9.71±1.48
PRV 野毒 gE 抗体阳性母猪 Wild type PRV gE antibody positive sows	441	5 650	4 706	291	482	171	4 280	4 160
平均 Average		12.81±1.65	10.67±1.22	0.66±0.41	1.09±0.53	0.39±0.32	9.68±1.50	9.43±1.52

2.2 母猪生产数据分析

分析 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪产仔情况可知,每头 gE 抗体阴性母猪每胎次提供的总仔、活仔和健仔数均显著高于 gE 抗体阳性母猪每胎次提供的仔猪数($P<0.05$)。其中,gE 抗体阴性母猪每胎次提供(11.96±1.33)头活仔猪,比 gE 抗体阳性母猪每胎次多提供 0.63 头活仔($P<0.001$)。但 gE 抗体阴性母猪每胎次提供弱仔数为(1.01±0.53)头,极显著高于 gE 抗体阳性母猪的(0.66±0.41)头($P<0.001$),具体情况见图 1。

分析 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪产仔总数发现,gE 抗体阴性母猪所产活仔数占产总仔数的 89.67%,显著高于 gE 抗体阳性母猪活仔比($P<0.05$)。其中 gE 抗体阴性健仔数占比达 82.07%,显著低于 gE 抗体阳性母猪的 83.29%($P<0.05$),所产弱仔数极显著高于 gE 抗体阳性母



*. $P<0.05$; *. $P<0.01$; *. $P<0.001$. 下同
*. $P<0.05$; *. $P<0.01$; *. $P<0.001$. The same as below

图 1 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪每胎次产仔情况
Fig. 1 Perinatal litter status of wild type PRV gE antibody negative and positive sows

猪($P < 0.001$),但 gE 抗体阴性母猪所产死胎数和木乃伊胎数均低于 gE 抗体阳性母猪,可见 gE 抗体阴性母猪产仔情况总体好于 gE 抗体阳性母猪。具体情况见图 2。

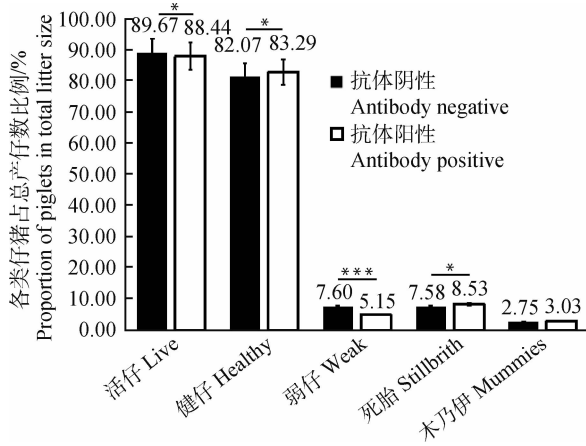
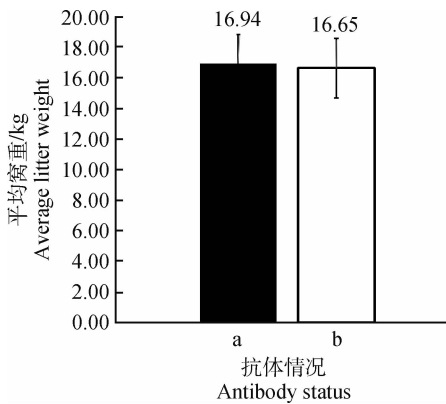


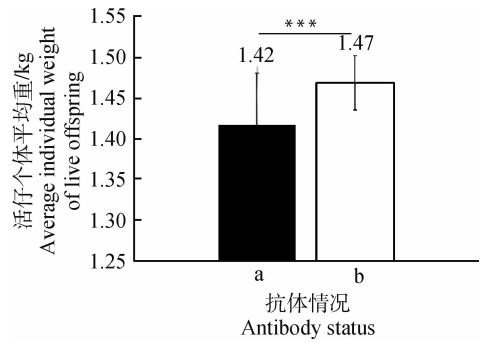
图 2 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪生产成绩分析
Fig. 2 Analysis of production performance of wild type PRV gE antibody negative and positive sows

2.3 仔猪初生重分析

PRV 野毒 gE 抗体阴性母猪每窝产仔数极显著高于 gE 抗体阳性母猪,分析 gE 抗体阴性母猪产仔窝重为 $(16.94 \pm 1.91) \text{ kg} \cdot \text{窝}^{-1}$,略高于 gE 抗体阳性母猪的产子窝重 $(16.65 \pm 1.94) \text{ kg} \cdot \text{窝}^{-1}$ (图 3),但差异不显著($P > 0.05$),可见窝重基本相似。但 gE 抗体阴性母猪所产活仔均重为 $(1.42 \pm 0.06) \text{ kg} \cdot \text{头}^{-1}$,极显著低于 gE 抗体阳性母猪所产活仔均重 $(1.47 \pm 0.03) \text{ kg} \cdot \text{头}^{-1}$ ($P < 0.001$),如图 4。



a. PRV 野毒 gE 抗体阴性; b. PRV 野毒 gE 抗体阳性
a. PRV gE antibody negative; b. PRV gE antibody positive
图 3 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪产仔平均窝重
Fig. 3 Average litter weight of birth of wild type PRV gE antibody negative and positive sows



a. PRV 野毒 gE 抗体阴性; b. PRV 野毒 gE 抗体阳性
a. PRV gE antibody negative; b. PRV gE antibody positive
图 4 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪产活仔个体平均重
Fig. 4 Average live weight of piglets born of wild type PRV gE antibody negative and positive sows

2.4 仔猪断奶情况分析

分析 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪所产仔猪断奶情况(图 5),gE 抗体阴性母猪每胎次可提供断奶活仔 (9.86 ± 1.48) 头,比 gE 抗体阳性母猪可多提供 0.18 头断奶活仔。gE 抗体阴性母猪每胎次可提供合格断奶仔猪 (9.71 ± 1.50) 头,比 gE 抗体阳性母猪多提供 0.28 头合格断奶活仔,但差异不显著($P > 0.05$)。

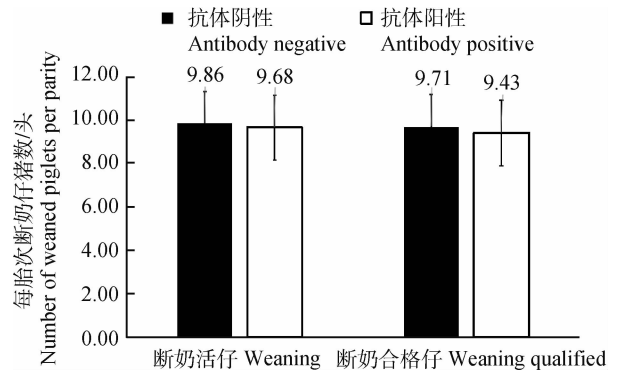


图 5 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪每胎次提供断奶仔猪数
Fig. 5 The number of weaned piglets provided by wild type PRV gE antibody negative and positive sows

如图 6 所示,PRV 野毒抗体 gE 阴性猪每胎次仔猪的断奶成活率为 82.43%,极显著低于 gE 抗体阳性母猪的 85.65%($P < 0.001$),但 gE 抗体阴性母猪每胎次提供的断奶合格活仔占断奶活仔数的 98.55%,极显著高于 gE 抗体阳性母猪的 97.49%($P < 0.001$)。分析 PRV 野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪所产仔猪断奶重,结果如图 7 所示,gE 抗体阴性母猪所产仔猪 21 日龄断奶均重为

(5.31 ± 0.19) $\text{kg} \cdot \text{头}^{-1}$, 极显著低于 gE 抗体阳性母猪所产仔猪断奶体重 (5.54 ± 0.28) $\text{kg} \cdot \text{头}^{-1}$ ($P < 0.001$)。说明 gE 抗体阳性母猪所产仔猪个体均大, 但断奶合格活仔率低, 表明 gE 抗体阳性母猪的断奶活仔个体大小不一, 断奶仔猪整齐度较差。

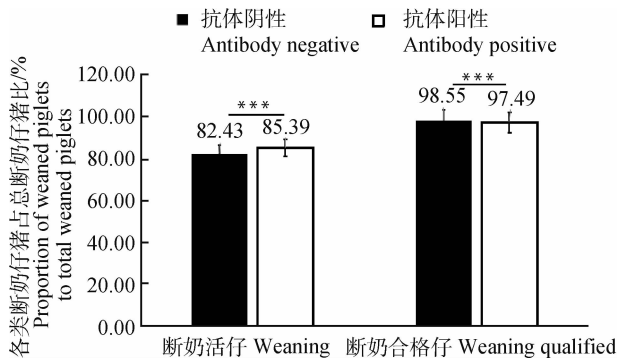
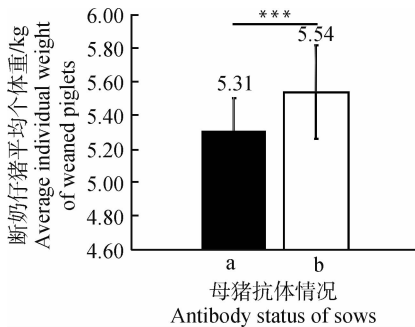


图 6 PRV 野毒抗体 gE 阴性和阳性母猪断奶成活率及断奶合格率

Fig. 6 The proportion of weaned piglets provided by wild type PRV gE antibody negative and positive sows



a. PRV 野毒 gE 抗体阴性; b. PRV 野毒 gE 抗体阳性

a. Wild type PRV gE antibody negative; b. Wild type PRV gE antibody positive

图 7 PRV 病野毒 gE 抗体阴性和阳性母猪所产仔猪断奶重
Fig. 7 Weaning weight of piglets provided by wild type PRV gE antibody negative and positive sows

3 讨论

在猪等多胎动物中, 单个胎儿的生长受到同窝竞争的影响。子宫内的竞争极大地影响了出生后的性状, 例如出生体重和生命力^[12]。由于母猪子宫容积和给胎儿提供养分的能力有限, 如果产仔数多, 则平均给每个胎儿的营养则相应较少, 仔猪的初生重就会降低, 有研究表明, 与产仔少的母猪相比, 产仔数多的母猪其分娩轻型出生体重仔猪的百分比会增加。这种现象在头胎母猪尤为明显^[13-16], Quiniou

等^[17]研究显示, 产仔数从低于 11 头增加到 16 头以上时, 平均出生体重从 1.59 kg 降低到 1.26 kg。本研究也可见此类情况, PRV 野毒 gE 抗体阴性母猪产总仔数、活仔数均高于 gE 抗体阳性母猪, 但 gE 抗体阴性母猪所产弱仔较野毒阳性母猪每胎次多 0.36 头, 主要原因为 gE 抗体阴性母猪产仔数高于 gE 抗体阳性母猪, 导致个体均重下降, 不达标弱仔数增多。且本研究中每头母猪所产窝重基本相似, 而 gE 抗体阳性母猪每胎次胎儿数 (12.81) 少于 gE 抗体阴性母猪提供的数量 (13.33), 所以胎儿在母猪体内发育相对较好, 个体重较大。

本研究中, PRV 野毒 gE 抗体阴性母猪断奶活仔率为 82.43%, 极显著低于 gE 抗体阳性母猪的 85.39% ($P < 0.001$), 主要原因为 gE 抗体阴性母猪所产仔猪个体均重较低, 且活仔数较多, 导致母猪压死仔猪的概率提高, 并且母猪所能提供的乳汁量整体水平相似, 不能喂养过多的仔猪, 这可能也是导致 gE 抗体阴性母猪所产仔猪在产房阶段死亡率高于阳性母猪的一个很重要原因。相似的, 有研究报道显示, 母猪压死仔猪或母猪乳汁不足导致的仔猪死亡率随着产仔数的增加而升高, 尤其是弱仔的死亡率升高^[18-21]。

母猪一般在 3~6 胎繁殖性能最佳时其产仔初生重相对较高, 一胎母猪所产仔猪初生重较低^[15, 22], Zeng 等^[15]研究表明, 仔猪初生重小于 1 kg 的仔猪比体重大于 1 kg 或更大的仔猪断奶前死亡的风险更高, Hong 等^[23]研究表明, 母猪的哺乳行为和仔猪的出生体重密切相关, 体重偏小的仔猪死亡率也会相应升高。由于本研究主要针对初产母猪产仔情况调查, 活仔个体均重相对偏低, 所以这是本研究中总体仔猪断奶存活率较低, 仅为 83.25% 的主要原因。

结果可见, PRV 野毒 gE 抗体阳性母猪所产仔猪的断奶活仔率和平均断奶重极显著高于 gE 抗体阴性母猪所产仔猪 ($P < 0.001$), 主要原因为 gE 抗体阴性母猪所产仔猪初生重较低导致, 有研究显示, 初生重越大断奶重则越大, 且断奶成活率越高^[16, 24-26], 但发现 gE 抗体阴性母猪的断奶仔猪合格率极显著高于 gE 抗体阳性母猪 ($P < 0.001$), 这说明 gE 抗体阴性母猪所产仔猪均一度好, 个体差异较小, 整齐度较高, 便于后期猪只饲养和批次生产管理, 并可减少与外界环境接触次数, 降低非洲猪瘟和其他疾病的感染风险^[27-28]。

我国现阶段猪场疫病较复杂,猪繁殖与呼吸综合征(PRRS)一般认为是目前危害我国养猪业母猪繁殖障碍的主要因素,但本研究调查猪场种猪免疫了蓝耳病灭活疫苗,且在调查过程中采集了母猪血液及部分死胎,检测 PRRSV,结果显示阴性,可见,本场生产成绩变化主要为前期感染伪狂犬病导致。PRV 野毒 gE 抗体阴性母猪每胎次可为猪场多带来 0.28 头断奶合格仔猪,且断奶整齐度更高,这可为猪场带来更多的经济效益。且净化后的品牌效应等也可间接带来更高的收益。何启盖等^[29]对不同综合试验站调查发现,伪狂犬病净化后可使猪只全程成活率提高至 94.8%、母猪配种分娩率提高至 92.4%、窝产活仔数提高到 11.21 头。缪余洲等^[30]研究表明,同等情况下的 600 头伪狂犬病净化试验猪比 600 头伪狂犬病未净化对照组的母猪第 4 年收益率高 39.01%。伪狂犬病的净化产生的利润可随着时间的推移以及农场规模的扩大而增加,并且养殖场越早净化伪狂犬病,带来的经济利益就越大,1 个平均存栏 1.45 万头的伪狂犬病净化猪场平均每年比未净化猪场多收益 802 万元^[31]。并且,伪狂犬病带毒猪潜伏感染被激活后,再度暴发伪狂犬病,将给企业带来更大的损失,所以伪狂犬病的净化势在必行。

4 结 论

PRV 野毒 gE 抗体阴性母猪每胎次较 gE 抗体阳性母猪平均多提供 0.63 头活仔、0.28 头断奶合格仔猪,并且断奶合格仔猪整齐度更高,可为猪场带来更大的直接经济效益。PRV 野毒感染降低了母猪的生产成绩。在种猪场应积极开展伪狂犬病的净化工作。

参考文献(References):

- [1] WITTMANN G, RZIHA H J. Aujeszky's disease (pseudorabies) in pigs [M]//WITTMANN G. Herpesvirus diseases of cattle, horses, and pigs. Boston, MA: Springer, 1989: 230-325.
- [2] 周末. I. 伪狂犬病病毒基因组 Fosmid 文库的构建及其应用, II. 抗伪狂犬病病毒干扰素刺激基因的筛选与鉴定[D]. 北京:中国农业科学院, 2018. ZHOU M. I. Construction and application of a pseudorabies virus Fosmid library, II. Screening and identification of interferon-stimulated genes that regulate the replication of pseudorabies virus [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018. (in Chinese)
- [3] 陈焕春, 何启盖. 伪狂犬病[M]. 北京:中国农业出版社, 2015. CHEN H C, HE Q G. Pseudorabies [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015. (in Chinese)
- [4] 何启盖. 猪伪狂犬病基因缺失疫苗研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2000. HE Q G. The study on the gene-deleted vaccine of swine pseudorabies [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2000. (in Chinese)
- [5] KLUGE J P, BERAN G, HILL H T, et al. Pseudorabies (Aujeszky's disease)[M]//Diseases of Swine. 8th ed. Iowa: Iowa State University Press, 1999: 233-246.
- [6] YU X X, SUN Q, KU X G, et al. The epidemiological investigation of co-infection of major respiratory bacteria with pseudorabies virus in intensive pig farms in China [J]. *Vet Med Sci*, 2020, doi:10.1002/vms3.289.
- [7] LIU Q Y, WANG X J, XIE C H, et al. A novel human acute encephalitis caused by pseudorabies virus variant strain [J]. *Clin Infect Dis*, 2020, doi:10.1093/cid/ciaa987.
- [8] 刘正飞, 陈焕春, 何启盖, 等. 伪狂犬病病毒 Ea 株 TK⁻/gE⁻/gp63⁻ 突变株的构建及其生物学特性研究[J]. 微生物学报, 2002, 42(3): 370-374. LIU Z F, CHEN H C, HE Q G, et al. Construction of Pseudorabies virus Ea TK⁻/gE⁻/gp63⁻ mutant strain and the study on its biological property [J]. *Acta Microbiologica Sinica*, 2002, 42(3): 370-374. (in Chinese)
- [9] 童光志, 陈焕春. 伪狂犬病流行现状及我国应采取的防控措施[J]. 中国兽医学报, 1999, 19(1): 1-2. TONG G Z, CHEN H C. Epidemic present status and prophylactico-therapeutic measures of pseudorabies taken in China [J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 1999, 19(1): 1-2. (in Chinese)
- [10] LUO Y Z, LI N, CONG X, et al. Pathogenicity and genomic characterization of a pseudorabies virus variant isolated from Bartha-K61-vaccinated swine population in China [J]. *Vet Microbiol*, 2014, 174(1-2): 107-115.
- [11] 余腾. 猪伪狂犬病病毒(HNX 株)的生物学特性与比较基因组学研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2016. YU T. Biological characteristics and comparative genomics analysis of *Pseudorabies virus* (HNX Strain) [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [12] TONG W, LI G X, LIANG C, et al. A live, attenuated pseudorabies virus strain JS-2012 deleted for gE/gI protects against both classical and emerging strains

- [J]. *Antiviral Res*, 2016, 130:110-117.
- [13] VANDEN HOLE C, AERTS P, PRIMS S, et al. Does intrauterine crowding affect locomotor development? A comparative study of motor performance, neuromotor maturation and gait variability among piglets that differ in birth weight and vitality[J]. *PLoS One*, 2018, 13(4):e0195961.
- [14] WIENTJES J G M, SOEDE N M, KNOL E F, et al. Piglet birth weight and litter uniformity: effects of weaning-to-pregnancy interval and body condition changes in sows of different parities and crossbred lines[J]. *J Anim Sci*, 2013, 91(5):2099-2107.
- [15] ZENG Z K, URRIOLA P E, DUNKELBERGER J R, et al. Implications of early-life indicators for survival rate, subsequent growth performance, and carcass characteristics of commercial pigs[J]. *J Anim Sci*, 2019, 97(8):3313-3325.
- [16] 齐洪军. 影响仔猪初生重的几个因素及其提高方法[J]. *现代畜牧科技*, 2019(8):40-41.
- QI H J. Several factors affecting piglet birth weight and their improving methods [J]. *Modern Animal Husbandry Science & Technology*, 2019(8):40-41. (in Chinese)
- [17] QUINIOU N, DAGORN J, GAUDRÉ D. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance[J]. *Livest Prod Sci*, 2002, 78(1):63-70.
- [18] KOBEK-KJELDAGER C, MOUSTSEN V A, THEIL P K, et al. Effect of litter size, milk replacer and housing on behaviour and welfare related to sibling competition in litters from hyper-prolific sows[J]. *Appl Anim Behav Sci*, 2020, 230:105032.
- [19] ANDERSEN I L, NVDAL E, BE K E. Maternal investment, sibling competition, and offspring survival with increasing litter size and parity in pigs (*Sus scrofa*) [J]. *Behav Ecol Sociobiol*, 2011, 65(6):1159-1167.
- [20] WEBER R, KEIL N M, FEHR M, et al. Factors affecting piglet mortality in loose farrowing systems on commercial farms[J]. *Livest Sci*, 2009, 124(1-3):216-222.
- [21] MILLIGAN B N, FRASER D, KRAMER D L. Birth weight variation in the domestic pig: effects on offspring survival, weight gain and suckling behaviour [J]. *Appl Anim Behav Sci*, 2001, 73(3):179-191.
- [22] HOLLEMA B L, ZWIERS S, HERMESCH S. Genetic parameters for haemoglobin levels in sows and piglets as well as sow reproductive performance and piglet survival[J]. *Animal*, 2020, 14:688-696.
- [23] HONG J K, KIM K H, HWANG H S, et al. Behaviors and body weight of suckling piglets in different social environments [J]. *Asian-Australas J Anim Sci*, 2017, 30(6):902-906.
- [24] ALVES K, SCHENKEL F S, BRITO L F, et al. Estimation of direct and maternal genetic parameters for individual birth weight, weaning weight, and probe weight in Yorkshire and Landrace pigs [J]. *J Anim Sci*, 2018, 96(7):2567-2578.
- [25] FREKING B A, LENTS C A, VALLET J L. Selection for uterine capacity improves lifetime productivity of sows [J]. *Anim Reprod Sci*, 2016, 167:16-21.
- [26] 王怀中, 郭建凤, 王 诚, 等. 品种及初生重对仔猪死亡率和 21 日龄个体重的影响 [J]. *山东农业科学*, 2014, 46(1):108-109.
- WANG H Z, GUO J F, WANG C, et al. Effects of breed and birth weight on death rate and 21-day individual weight of piglets [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2014, 46(1):108-109. (in Chinese)
- [27] ZIMMERMAN J J, KARRIKER L A, RAMIREZ A, et al. Diseases of swine [M]. 10th ed. New York: John Wiley & Sons, 2012.
- [28] 刘 芳. 我国动物疫病净化长效机制的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
- LIU F. Studies on the long-term cleanup mechanism of China's animal infected disease [D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- [29] 何启盖, 童光志, 杨汉春, 等. 猪伪狂犬病流行病学特征、净化技术及其应用示范 [J]. *中国畜牧杂志*, 2015, 51(24):68-74.
- HE Q G, TONG G Z, YANG H C, et al. Epidemiological characterization of swine pseudorabies, eradication technologies and application [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2015, 51(24):68-74. (in Chinese)
- [30] 缪余洲, 王直夫, 皋冬梅, 等. 经产母猪群伪狂犬病净化与未净化效益比较 [J]. *畜牧兽医科技信息*, 2019(10):129.
- MIAO Y Z, WANG Z F, HAO D M, et al. Comparison of purification and non-purification benefits of pseudorabies in sow herds [J]. *Chinese Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2019(10):129. (in Chinese)
- [31] LIU Y M, CHEN Q H, RAO X D, et al. An economic assessment of pseudorabies (Aujeszky' disease) elimination on hog farms in China [J]. *Prev Vet Med*, 2019, 163:24-30.