

# 断奶仔猪多系统衰竭综合征相关病原混合感染的流行病学调查

曹东阳<sup>1,2</sup>, 王小敏<sup>1</sup>, 茅爱华<sup>1</sup>, 何孔旺<sup>1\*</sup>, 钱爱东<sup>2</sup>

(1. 江苏省农业科学院兽医研究所, 农业部兽用生物制品工程技术重点实验室, 国家兽用生物制品工程技术研究中心, 南京 210014; 2. 吉林农业大学动物科学技术学院, 长春 130118)

**摘要:** 为了解中国江苏省及周边地区猪场断奶仔猪多系统衰竭综合征(PMWS)相关病原的流行情况, 本研究采用PCR方法, 对2014年1月至2015年5月采自江苏、安徽及浙江等地猪场的125份健康猪样品和261份发病猪样品分别进行猪圆环病毒2型(PCV2)、猪繁殖与呼吸综合征病毒(PRRSV)、猪细小病毒(PPV)、输血性传播病毒(TTV)和类猪圆环病毒P1的检测。结果显示, 所有样品PCV2、PRRSV、PPV、TTV1、TTV2和P1的阳性率分别为39.38%、21.76%、3.11%、15.80%、16.32%和10.10%, 其中混合感染主要存在于PMWS的发病猪群, 以PCV2与TTV2(15.32%)和PCV2与PRRSV(11.87%)的混合感染为主。结果表明, 江苏省及周边地区猪场普遍存在PMWS相关病原的混合感染现象, 加大了PMWS相关病原的防控难度。

**关键词:** 断奶仔猪多系统衰竭综合征; 多病原混合感染; 流行病学调查

中图分类号: S852.65

文献标志码: A

文章编号: 1671-7236(2015)12-3383-09

## Epidemiological Investigation of Multi-pathogens Co-infection with Post-weaning Multi-systemic Wasting Syndrome

CAO Dong-yang<sup>1,2</sup>, WANG Xiao-min<sup>1</sup>, MAO Ai-hua<sup>1</sup>, HE Kong-wang<sup>1\*</sup>, QIAN Ai-dong<sup>2</sup>

(1. National Center for Engineering Research of Veterinary Bio-products, Key Laboratory of Engineering Research of Veterinary Bio-products of Agricultural Ministry, Institute of Veterinary Medicine, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;  
2. Animal Science and Technology College, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

**Abstract:** To investigate the epidemiology of multi-pathogens related with post-weaning multi-systemic wasting syndrome (PMWS) in Jiangsu province and surrounding areas, 125 healthy samples and 261 diseased samples which obtained in Jiangsu, Anhui and Zhejiang provinces from the January 2014 to May 2015 were screened by PCR for the presence of PCV2, PRRSV, PPV, TTV and P1. These results revealed the following infection rates of PCV2, PRRSV, PPV, TTV1, TTV2 and P1 were 39.38%, 21.76%, 3.11%, 15.80%, 16.32% and 10.10%, respectively. In comparison, the co-infection of several viruses occurred in the diseased pigs, and the main co-infections were PCV2+TTV2 (15.32%) and PCV2+PRRSV (11.87%). These observations indicated that the phenomenon of co-infection with multi-pathogens had been widely existing in swine, which increased the difficulty of prevention and controlling of the PMWS.

**Key words:** post-weaning multi-systemic wasting syndrome; multi-pathogens co-infection; epide-

收稿日期: 2015-07-29

基金项目: 国家自然科学基金(31302071); 公益性行业(农业)科研专项(201303046); 江苏省自主创新项目(CX(14)5041); 江苏省农业科学院基本科研业务专项项目(ZX(15)1003)

作者简介: 曹东阳(1989-), 女, 吉林长春人, 硕士生, 研究方向: 微生物与免疫, E-mail: rabbit2046@sina.cn

\* 通信作者: 何孔旺(1963-), 男, 安徽枞阳人, 博士, 研究员, 主要从事人兽共患病及猪病防控技术研究, E-mail: kwh2003@263.net; Tel: 025-84390331

## miological investigation

断奶仔猪多系统衰竭综合征 (post-weaning multi-systemic wasting syndrome, PMWS) 于 1991 年在加拿大萨斯克切温省首次发现, 随后在世界多个国家和地区广泛流行<sup>[1]</sup>。该病主要影响 6~18 周龄的断奶仔猪, 临床症状表现为渐进性消瘦、腹泻、淋巴结肿大、皮肤苍白和黄疸及中枢神经系统紊乱等<sup>[2]</sup>, 同时患猪还会出现免疫机能障碍, 造成免疫能力下降<sup>[3]</sup>。研究表明, PCV2 是引发 PMWS 的主要病原之一, 仔猪单独感染 PCV2 仅引起轻微的临床或亚临床症状, 当 PCV2 与其他细菌或病毒混合感染时便会引起严重的 PMWS 临床症状<sup>[4]</sup>。在临床上, PCV2 常与猪繁殖与呼吸综合征病毒 (porcine reproductive and respiratory syndrome virus, PRRSV)<sup>[5]</sup>、猪细小病毒 (porcine parvovirus, PPV)、类猪圆环病毒 P1 (porcine circovirus-like agent) 和输血性传播病毒 (torque teno virus, TTV) 等<sup>[6]</sup> 发生混合感染。

PRRSV 属于动脉炎病毒科、动脉炎病毒属的单股链状无囊膜 RNA 病毒<sup>[7]</sup>, 是猪繁殖与呼吸综合征 (porcine reproductive and respiratory syndrome, PRRS) 的主要病原。研究发现 PCV2 和 PRRSV 混合感染在国内外普遍存在, 这二者的协同感染能刺激机体发生较严重的先天性免疫反应<sup>[8]</sup>。Wellenberg 等<sup>[9]</sup> 对荷兰患有 PMWS 的猪群进行 PCR 检测发现患病猪群中 PCV2 与 PRRSV 的混合感染率高达 83%, 而无 PMWS 临床症状的猪群中这两者的混合感染率为 35%; 李彬等<sup>[10]</sup> 借助 PCR 方法检测 PCV2 和 PRRSV 的混合感染情况, 结果显示发病猪中 PRRSV 与 PCV2 的混合感染率为 20.82%, 健康猪中这两者的混合感染率为 5.26%<sup>[11]</sup>。综上所述, 发病猪群更易发生这二者的混合感染, 而其引发猪群的高发病率和死亡率一直受到国内外学者的广泛关注。

TTV 于 1999 年首次在猪群中检测得到<sup>[12]</sup>, 该病毒属于指环病毒科、指环病毒属, 且为单股负链环状 DNA 病毒, 基因组全长约 2.8 kb<sup>[13]</sup>。根据 ORF1 的序列差异, 可将 TTV 分为 5 个基因群 (TTV1~TTV5)。其中, 仅 TTV1 和 TTV2 在猪群中检测到, 猪源 TTV 能污染猪源疫苗及生物制品, 因此受到该行业的重视。在中国多个省份猪群的流行病学调查结果中, TTV 也在猪群中广泛存在, 并已成为一种不容忽视的病原体<sup>[14]</sup>。Kekara-

inen 等<sup>[15]</sup> 对西班牙猪群中 PMWS 阳性猪群、阴性猪群进行的 TTV 调查发现, PMWS 阳性猪群中 TTV 的感染率明显高于 PMWS 阴性猪群。

PPV 是引起母猪繁殖障碍的主要病原之一, 其主要症状为引发妊娠母猪流产、产死胎、木乃伊胎及母猪返情等<sup>[16]</sup>。徐君等<sup>[17]</sup> 对四川省 21 个规模化猪场进行 PPV 与 PCV2 的流行病学调查结果显示, 患 PMWS 的病猪中 PPV 与 PCV2 混合感染率为 10.62%, 这说明 PPV 与 PCV2 猪群混合感染较普遍, 对 PMWS 疾病的发展起着重要的作用。

类猪圆环病毒 P1 全长 648 bp, 是一种无囊膜包裹的单股环状 DNA 病毒<sup>[18]</sup>。该病毒与 PCV2 反向互补序列的 107—739 位核苷酸的同源性较高, 约为 98.89%, 但 P1 的 371 位缺失了对应于 PCV2 反向互补序列 461 位的碱基 A, 因此 P1 与 PCV2 差别较大<sup>[19]</sup>。试验结果表明 P1 具有致病性, 感染猪出现类似 PMWS 的症状, 能对机体造成损伤。

因此, 为更好的了解猪群中 PMWS 相关病原的混合感染情况, 本研究对来自江苏、安徽、浙江 3 个省份部分猪场的送检样品分别进行 PCV2、PRRSV、PPV、TTV 及 P1 的检测, 旨在从流行病学调查的角度阐明混合感染与 PMWS 之间的关系, 为控制该病提供有效的理论指导和科学依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 临床病料采集与处理

对 2014 年 1 月至 2015 年 5 月采自江苏、安徽及浙江 3 个省份猪场的 125 份健康猪样品和 261 份发病猪样品处理后进行编号。其中组织病料经剪碎、研磨、制成匀浆后反复冻融 3 次, 4 °C、4 000 r/min 离心 8 min, 取上清至 EP 管中, 在 -70 °C 冻存备用。动物血液样品经过 4 000 r/min 离心 8 min 后取血清, 在 -70 °C 保存备用。

### 1.2 主要试剂

柱式动物 DNAout 试剂盒和 2×Taq PCR Master Mix 均购自北京天恩泽基因科技有限公司; 病毒 RNA 提取试剂 Trizol 和 DL2000 DNA Marker 均购自宝生物工程 (大连) 有限公司; qRT-PCR SuperMix 试剂盒购自南京天为生物科技有限公司。

### 1.3 阳性样品的筛选

PCV2 阳性毒株为人兽共患病研究室分离鉴定并保存; P1、TTV、PRRSV 和 PPV 阳性样品为实验

室临床检测鉴定后保存。

#### 1.4 引物设计与合成

利用 GenBank 上已发表的 PCV2、P1、TTV、

PPV 和 PRRSV 基因序列,设计并合成符合要求的 5 对特异性引物(表 1)。引物均由上海英骏生物技术有限公司合成,纯度级别为 PAGE。

表 1 引物信息

Table 1 Primer information

病毒 Viruses	引物名称 Primer name	引物序列(5'→3') Primer sequences	退火温度(°C) Annealing temperature	产物大小(bp) Product size
PRRSV	PRRSV-F	TGGGCGACAATGAAC	54	478
	PRRSV-R	GCTGAGTATTGCGTGTG		
PCV2	PCV2-F	TTCGGTACCAGCTATGACGTATCCAAG	52	493
	PCV2-R	GCCAAGCTTTCACCTTCGTAATGGTTTT		
TTV1	TTV1-F	CGGGTTCAGGAGGCTCAAT	54	314
	TTV1-R	GCCATTCGGAAGTGCCTTACT		
TTV2	TTV2-F	TCATGACAGGGTTCACCGGAA	56	252
	TTV2-R	CGTCTGCGCACTTACTTATATACTCTA		
PPV	PPV-F	CGGAATTCACAGGAGATGAATTCTCCACAGG	56	774
	PPV-R	CGACTCGAGATCTAGGTTGTTGAGGAGAGTCAG		
P1	P1-F	CCCGGGGAACAAAGTCGTCA	58	660
	P1-R	GGGGGGACCAACAAAATCTCT		

#### 1.5 PCR 检测

1.5.1 病毒 RNA 提取及 cDNA 合成 按病毒 RNA 提取试剂说明书提取样品中的总 RNA,并用提取的 RNA 为模板进行反转录。反转录体系 10  $\mu$ L:5 $\times$ qRT-PCR SuperMix 2  $\mu$ L、模板 RNA 4  $\mu$ L及 RNase-free ddH<sub>2</sub>O 4  $\mu$ L,在 PCR 仪中 25  $^{\circ}$ C 10 min、42  $^{\circ}$ C 30 min 和 85  $^{\circ}$ C 5 min 的条件下反转录为 cDNA,并用 PRRSV 的引物进行 PCR 扩增。

1.5.2 病毒 DNA 提取 按照柱式动物 DNAout

试剂盒说明书提取病料和血清中的病毒 DNA,于 -20  $^{\circ}$ C 保存,以提取的病毒 DNA 为模板用于 5 对不同引物的检测。

1.5.3 病毒 PCR 扩增 PCR 反应体系均为 25  $\mu$ L: 2 $\times$ Mix 12.5  $\mu$ L,上、下游引物(浓度 10 pmol/ $\mu$ L)各 1  $\mu$ L,DNA 模板 1  $\mu$ L,ddH<sub>2</sub>O 9.5  $\mu$ L。各病毒 PCR 反应条件见表 2。所有反应结束后将 PCR 产物于 4  $^{\circ}$ C 保存,并用 1.0% 琼脂糖凝胶电泳检测观察。

表 2 病毒 PCR 反应条件

Table 2 Virus PCR reaction conditions

病毒 Viruses	预变性 Predenaturation	变性 Denaturation	退火 Annealing	延伸 Extension	循环数(个) Cycles	延伸 Extension
PRRSV	95 $^{\circ}$ C 5 min	94 $^{\circ}$ C 1 min	55 $^{\circ}$ C 30 s	72 $^{\circ}$ C 1 min	38	72 $^{\circ}$ C 10 min
PCV2			52 $^{\circ}$ C 30 s	72 $^{\circ}$ C 42 s	30	
TTV1			54 $^{\circ}$ C 30 s	72 $^{\circ}$ C 30 s	35	
TTV2			56 $^{\circ}$ C 30 s	72 $^{\circ}$ C 34 s	35	
PPV			56 $^{\circ}$ C 30 s	72 $^{\circ}$ C 50 s	38	
P1			55 $^{\circ}$ C 30 s	72 $^{\circ}$ C 40 s	38	

## 1.6 数据处理

健康猪、发病猪单一病原感染及多病原混合感染的的结果数据采用 Excel 进行统计分析。

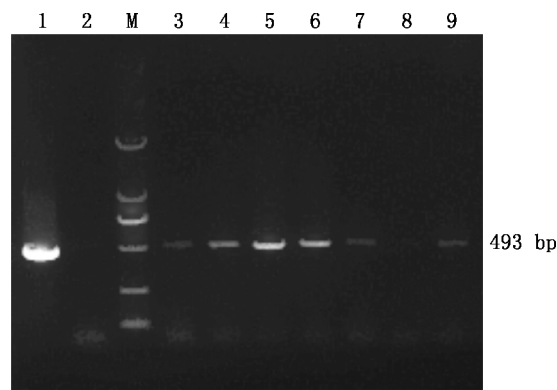
## 2 结果与分析

### 2.1 所有临床样品单一病原检测结果

2.1.1 PCV2 的检测结果显示,对 386 份样品进行 PCV2 的检测结果显示,PCV2 总阳性率为 39.38% (152/386),健康猪和发病猪的检测率分别为 31.20% (39/125) 和 43.29% (113/261),说明 PCV2 在发病猪群中的感染率很高,同时在健康猪体内的

隐性感染现象也较严重,部分 PCV2 的 PCR 检测结果见图 1。

2.1.2 PRRSV 的检测结果显示,对 386 份样品进行的 PRRSV 检测结果显示,总阳性率为 21.76% (84/386),其中健康猪样品的检测率为 19.2% (24/125),发病猪中的检测率为 22.98% (60/261)。PRRSV 并没有出现类似于 PCV2 的高发病率,这一结果也与猪场的疫苗免疫情况相关,但该病毒的感染率仍处于较高水平,在发病猪中的感染率同样高于在健康猪中的感染率,部分 PRRSV 的 PCR 检测结果见图 2。

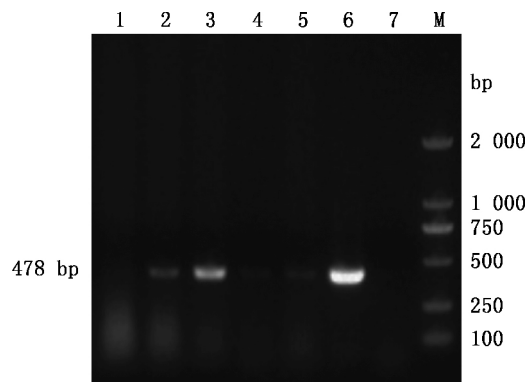


1,阳性对照;2,阴性对照;M,DL2000 DNA Marker;3~9,检测样品

1,Positive control;2,Negative control;M,DL2000 DNA Marker;3-9,Detection samples

图 1 PCV2 PCR 检测电泳图

Fig. 1 PCR detection result of PCV2



1~5,检测样品;6,阳性对照;7,阴性对照;M,DL2000 DNA Marker

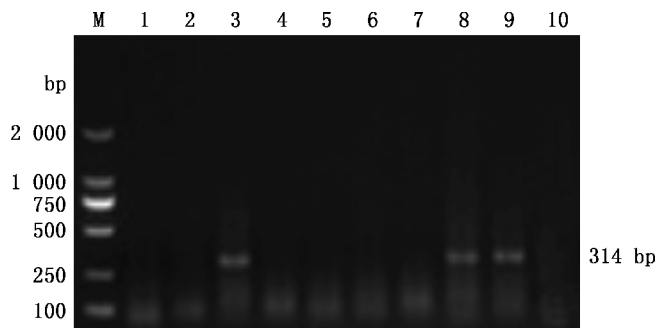
1-5,Detection samples;6,Positive control;7,Negative control;M,DL2000 DNA Marker

图 2 PRRSV PCR 检测电泳图

Fig. 2 PCR detection result of PRRSV

2.1.3 TTV 的检测结果显示,所有样品中 TTV1 和 TTV2 的感染率分别为 15.80% (61/386) 和 16.32% (63/386)。其中健康猪 TTV1 的感染率为 4.00% (5/125),TTV2 的感染率为 4.80% (6/125);发病猪中 TTV1 和 TTV2 的感染率分别为

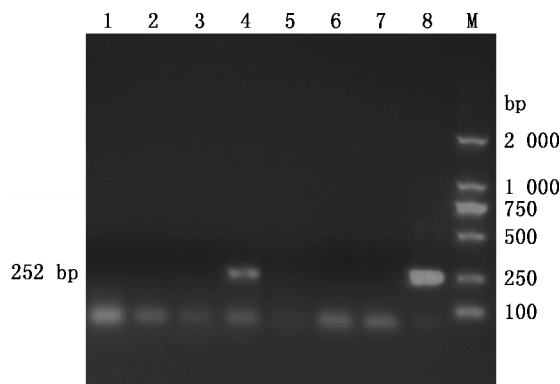
21.45% (56/261) 和 21.83% (57/261)。TTV1 和 TTV2 的感染率相近,表明 TTV 这两种亚型在江苏、安徽和浙江等地猪群中的流行性相似。部分 TTV1 和 TTV2 的 PCR 检测结果见图 3、4。



M, DL2000 DNA Marker; 1~8, 检测样品; 9, 阳性对照; 10, 阴性对照  
 M, DL2000 DNA Marker; 1-8, Detection samples; 9, Positive control; 10, Negative control

图 3 TTV1 PCR 检测电泳图

Fig. 3 PCR detection result of TTV1



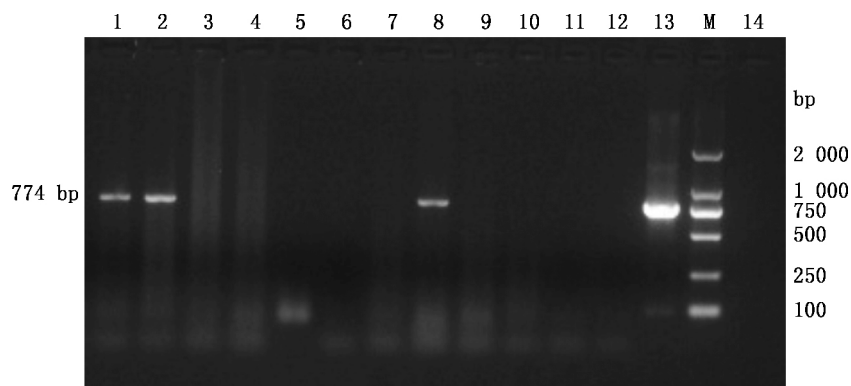
1~6, 检测样品; 7, 阴性对照; 8, 阳性对照; M, DL2000 DNA Marker  
 1-6, Detection samples; 7, Negative control; 8, Positive control; M, DL2000 DNA Marker

图 4 TTV2 PCR 检测电泳图

Fig. 4 PCR detection result of TTV2

2.1.4 PPV 的检测结果 对 386 份样品进行 PPV 检测, 结果显示 PPV 的总感染率为 3.11% (12/386), 健康猪和发病猪感染率分别为 0(0/125) 和 4.59%(12/261), 说明 PPV 主要感染 PMWS 的患病猪群, 部分 PPV 的 PCR 检测结果见图 5。

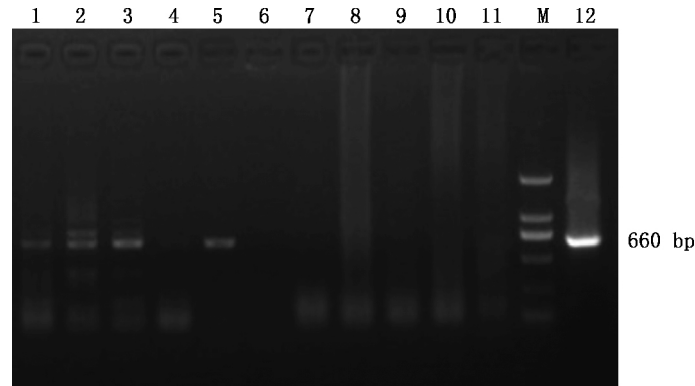
2.1.5 P1 的检测结果 检测的 386 份样品中 P1 阳性的为 39 份, 其中健康猪的感染率为 4.00% (5/125), 发病猪的感染率为 13.02%(34/261), 与近年来 P1 的检测情况相比, 猪群中 P1 的感染较稳定, 部分 P1 的 PCR 检测结果见图 6。



1~12, 检测样品; 13, 阳性对照; M, DL2000 DNA Marker; 14, 阴性对照  
 1-12, Detection samples; 13, Positive control; M, DL2000 DNA Marker; 14, Negative control

图 5 PPV PCR 检测电泳图

Fig. 5 PCR detection result of PPV



1~10, 检测样品; 11, 阴性对照; M, DL2000 DNA Marker; 12, 阳性对照

1-10, Detection samples; 11, Negative control; M, DL2000 DNA Marker; 12, Positive control

图 6 P1 PCR 检测电泳图

Fig. 6 PCR detection result of P1

## 2.2 所有样品单一病原感染的统计结果

应用上述 PCR 扩增方法对 2014 年 1 月至 2015 年 5 月来自江苏、浙江、安徽等地送检的 125 份健康猪样品和 261 份发病猪样品分别进行 PCV2、PRRSV、PPV、TTV 及 P1 的检测, 统计结果见表 3。由表 3 可知, 所有病原中 PCV2 的感染率最高, 达到 39.38%, 其他病原的感染率为 3.11%~21.76%。健康猪中 PCV2 的感染率为 31.20%,

PRRSV、TTV 和 P1 的感染率为 4.00%~19.20%, 说明该地区大部分猪群存在以 PCV2 隐性感染为主, 同时也伴随着少量的 P1、PRRSV、TTV 隐性感染状况, 其中健康猪中 PPV 的感染率为 0; 而发病猪群中所有病原的感染率均高于健康猪群中的感染率, 其中 PCV2 的感染率达到 43.29%, 其他病原的感染率为 4.59%~22.98%, 这表明 PMWS 的患病猪群因免疫能力降低而更易感染其他病原体。

表 3 所有临床样品单一病原 PCR 检测结果(%)

Table 3 Single pathogen PCR detection result of all clinical samples

样品背景 Background of samples	PCV2	TTV1	TTV2	PPV	P1	PRRSV
所有样品 All clinical samples	39.38 (152/386)	15.80 (61/386)	16.32 (63/386)	3.11 (12/386)	10.10 (39/386)	21.76 (84/386)
临床健康猪样品 Clinical healthy swine samples	31.20 (39/125)	4.00 (5/125)	4.80 (6/125)	0 (0/125)	4.00 (5/125)	19.20 (24/125)
临床发病猪样品 Clinical diseased swine samples	43.29 (113/261)	21.45 (56/261)	21.83 (57/261)	4.59 (12/261)	13.02 (34/261)	22.98 (60/261)

## 2.3 混合感染统计结果

由表 4 可知, 健康猪中 PCV2 与 PRRSV、TTV1、TTV2、PPV 和 P1 混合感染率分别为 3.20%、2.40%、1.56%、0 和 0, PCV2 与 TTV1、TTV2 三者的混合感染率为 1.60%, TTV1 与 TTV2 的混合感染率为 1.60%。健康猪中 PCV2 与各病原体的混合感染率很低, 均不高于 3.20%, 说明在健康猪群中混合感染情况不常见。

由表 5 可知, 发病猪中 PCV2 与 PRRSV、

TTV1、TTV2、PPV 和 P1 混合感染率分别为 11.87%、11.11%、15.32%、2.29% 和 10.34%, PCV2 与 TTV1、TTV2 三者的混合感染率为 6.13%, TTV1 与 TTV2 的混合感染率为 12.64%, 5 种病原的混合感染率为 0.76%。发病猪群 PCV2 与其他各病原混合感染率较高, 同时存在多种病原混合感染的复杂情况, 由此推测混合感染是 PMWS 的主要致病因素。

表 4 临床健康猪样品混合多病原 PCR 检测结果

Table 4 Co-infection PCR detection results of healthy swine samples

项目 Items	样品数量(份) Sample No.	感染样品数量(份) No. of infection samples	感染率(%) Infection rate
PCV2+PRRSV	125	4	3.20
PCV2+TTV1	—	3	2.40
PCV2+TTV2	—	2	1.56
PCV2+PPV	—	0	0
PCV2+P1	—	0	0
PCV2+TTV1+TTV2	—	2	1.60
TTV1+TTV2	—	2	1.60

表 5 临床发病猪样品混合多病原 PCR 检测结果

Table 5 Co-infection PCR detection results of diseased swine samples

项目 Items	样品数(份) Sample No.	感染样品数量(份) No. of infection samples	感染率(%) Infection rate
PCV2+PRRSV	261	31	11.87
PCV2+TTV1	—	29	11.11
PCV2+TTV2	—	40	15.32
PCV2+PPV	—	6	2.29
PCV2+P1	—	27	10.34
PCV2+TTV1+TTV2	—	16	6.13
TTV1+TTV2	—	33	12.64
PCV2+PRRSV+PPV+TTV+P1	—	2	0.76

### 3 讨论

PCV2 能引起 PMWS<sup>[20]</sup>、猪呼吸道疾病综合征 (porcine respiratory disease complex, PRDC)、猪皮炎与肾病综合征 (porcine dermatitis and nephropathy syndrome, PDNS)、先天性震颤及繁殖障碍等多种疾病<sup>[21]</sup>, 其中以 PMWS 对养猪业的损害最为严重。研究表明, CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> 及 CD8<sup>+</sup> 在 PMWS 发病过程中也发挥着重要的作用, 成熟的 CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> 淋巴细胞具有免疫效应和免疫记忆功能, 而 CD8<sup>+</sup> 细胞主要参与细胞的免疫应答, 这两者的减少便会刺激机体的免疫应答机制, 造成免疫抑制等现象<sup>[22]</sup>, 因此 PMWS 的发病猪群更易感染其他病原体。近年来各国学者在 PMWS 相关病原的流行病学调查中发现 PCV2 与 PRRSV、TTV、PPV 等多种病原都存在较普遍的混合感染现象, 并给 PMWS 相关疾病的防制工作带来了极大的挑战<sup>[23]</sup>。

本研究对采集于江苏、安徽、浙江及周边等地猪场的 125 份健康猪样品及 261 份发病猪样品分别进行 PCV2 与 PRRSV、PPV、TTV 和 P1 混合感染及单独感染的流行病学调查, 结果显示所有样品

PCV2、PRRSV、PPV、TTV1、TTV2 和 P1 的感染率分别为 39.38%、21.76%、3.11%、15.80%、16.32% 和 10.10%。其中 PCV2 感染率最高, 其次为 PRRSV, 而 TTV1 和 TTV2 的感染率相似, P1 和 PPV 的感染较稳定。

对临床发病样品和健康样品的检测结果显示, 发病猪群所有病原的感染率均高于健康猪群中的感染率, 表明 PMWS 患病猪免疫能力降低, 易感染其他病原体。其中健康猪中 PCV2 的感染率为 31.20%, PRRSV 的感染率为 19.20%, P1 的感染率为 4.00%, TTV1 和 TTV2 的感染率分别为 4.00% 和 4.80%, 表明该地区大部分猪群存在以 PCV2 隐性感染为主, 同时也伴随着少量的 P1、PRRSV、TTV 隐性感染状况。PPV 在健康猪中的感染率为 0, 而在发病猪的感染率为 4.59%, 说明 PPV 主要存在于患病猪群中。

TTV 是一种在发病猪尤其是在患 PMWS 的病猪中检测率较高的病原, 本研究中健康猪 PCV2 与 TTV1、TTV2 的混合感染率分别为 2.40% 和 1.56%, 发病猪 PCV2 与 TTV1 和 TTV2 的混合感染率分别为 11.11% 和 15.32%, 证实了 PMWS 感

染猪群更易发生 PCV2 和 TTV 的混合感染,而 PCV2 与 TTV2 混合感染的感染率略高于与 TTV1 的混合感染,这与王礞礞等<sup>[24]</sup>研究结果相一致。健康猪和发病猪中 PCV2 与 PRRSV 的混合感染率分别为 3.20% 和 11.87%,表明发病猪群更易出现 PRRSV 和 PCV2 的混合感染,同时该结果也与 Wellenberg 等<sup>[9]</sup>和李彬等<sup>[10]</sup>的研究结论一致。与此同时,本研究发现了 PCV2 与 TTV1 和 TTV2 的三重感染及在发病猪群中 PCV2 与 PPV、PRRSV、TTV1、TTV2 和 P1 这 5 种病原的多重感染,这暗示着 PMWS 患病猪中存在多病原混合感染的复杂情况。王小敏等<sup>[25]</sup>在 2013 年对江苏省等地的送检病料检测发现 PCV2 与 P1 的混合感染率为 7.41%,本研究中 PCV2 与 P1 的混合感染在发病猪中达到 10.34%,因此临床上 PCV2 与 P1 的混合感染也不容忽视。在健康猪和 PMWS 发病猪中 PCV2 与 PPV 混合感染率分别为 0 和 2.29%,这两种病原的混合感染现象并不严重,但在发病猪群中仍然更易发生混合感染现象。

近年来,PMWS 相关病原的混合感染现象愈加复杂,加大了 PMWS 的防控难度。本研究反映了中国江苏、安徽、浙江等地 PCV2、PRRSV、TTV、PPV 和 P1 单独感染和混合感染情况,同时对这 5 种相关病原的感染情况进行了系统分析,结果表明 PMWS 病料中 TTV 和 P1 感染率较高,主要以与 PCV2 协同感染的方式存在,而发病猪群中存在 PCV2 与多种病原的混合感染现象。因此,应加强 PMWS 相关病原的防控,防止多重病原混合感染所引发的猪圆环病毒相关疾病(porcine circovirus-associated disease,PCVAD)的全面暴发。

#### 参考文献:

- [1] Anoopraj R, Rajkhowa T K, Cherian S, et al. Genetic characterisation and phylogenetic analysis of PCV2 isolates from India: Indications for emergence of natural inter-genotypic recombinants[J]. *Infect Genet Evol*, 2015, 31: 25-32.
- [2] Chae C. An emerging porcine circovirus type 2b mutant (mPCV2b) originally known as PCV2d[J]. *Veterinary Journal*, 2015, 203(1): 6-9.
- [3] Opriessnig T, Halbur P G. Concurrent infections are important for expression of porcine circovirus associated disease [J]. *Virus Research*, 2012, 164 (1-2): 20-32.
- [4] Koinig H C, Talker S C, Stadler M, et al. PCV2 vaccination induces IFN-gamma/TNF-alpha co-producing T cells with a potential role in protection[J]. *Vet Res*, 2015, 46: 20-24.
- [5] 陈 陆, 彭志峰, 杨 霞, 等. 10 株猪圆环病毒 2 型 PCV2 河南株全基因组的克隆与序列分析[J]. *中国兽医学报*, 2010, 30(2): 166-173.
- [6] Lin H X, Ma Z, Yang X Q, et al. A novel vaccine against porcine circovirus type 2 (PCV2) and *Streptococcus equi* ssp. zooepidemicus (SEZ) co-infection[J]. *Vet Microbiol*, 2014, 171(1-2): 198-205.
- [7] 廖启顺, 李志祥, 丁联成, 等. 2009—2010 年部分猪场猪主要传染病流行病学调查[J]. *中国畜牧兽医*, 2012, 39(2): 194-200.
- [8] 吴惠明, 靳兴军, 郭 峰, 等. 猪圆环病毒 2 型感染对猪繁殖与呼吸综合征灭活疫苗体液免疫的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2012, 39(9): 187-190.
- [9] Wellenberg G J, Stockhofe-Zurwieden N, Boersma W J, et al. The presence of co-infections in pigs with clinical signs of PMWS in The Netherlands; A case-control study[J]. *J Res Vet Sci*, 2004, 77(2): 177-184.
- [10] 李 彬, 马俊杰, 毛 立, 等. 猪 Hokovirus PCR 检测方法的建立及其应用[J]. *中国预防兽医学报*, 2012, 34(2): 108-111.
- [11] Kreikemeier C A, Engle T B, Lucot K L, et al. Genome-wide analysis of TNF-alpha response in pigs challenged with porcine circovirus 2b[J]. *Anim Genet*, 2015, 46(2): 205-208.
- [12] 韦建兴, 梁兆强, 欧阳康, 等. 猪圆环病毒的检测及与多种病原混合感染的调查分析[J]. *中国畜牧兽医*, 2013, 40(10): 197-202.
- [13] Martinez-Guino L, Kekarainen T, Maldonado J, et al. Torque teno sus virus (TTV) detection in aborted and slaughterhouse collected fetuses [J]. *Theriogenology*, 2010, 74(2): 277-281.
- [14] Park C, Seo H W, Park S J, et al. Comparison of porcine circovirus type 2 (PCV2)-associated lesions produced by co-infection between two genotypes of PCV2 and two genotypes of porcine reproductive and respiratory syndrome virus [J]. *J Gen Virol*, 2014, 95(11): 2486-2494.
- [15] Kekarainen T, Martínez-Guino L, Segalés J. Swine Torque teno virus detection in pig commercial vaccines, enzymes for laboratory use and human drugs containing components of porcine origin [J]. *J Gen Virol*, 2009, 90(Pt 3): 648-653.
- [16] Opriessnig T, O'Neill K, Gerber P F, et al. A PCV2 vaccine based on genotype 2b is more effective than a 2a-based vaccine to protect against PCV2b or com-



- bined PCV2a/2b viremia in pigs with concurrent PCV2, PRRSV and PPV infection[J]. *Vaccine*, 2013, 31(3):487-494.
- [17] 徐君,郭万柱,陈杨,等.四川省PPV与PCV2的病原流行病学调查[J].*中国兽药杂志*, 2012, 4: 44-47.
- [18] 王凤芝,温立斌,姚火春,等.从蛋白质和转录水平鉴定类猪圆环病毒P1存在ORF2和ORF3[J].*中国农业科学*, 2014, 47(14):2863-2871.
- [19] 郝洪平.类圆环病毒P1因子ORF2蛋白的原核表达及其单克隆抗体的制备和鉴定[D].南京:南京农业大学, 2011.
- [20] Park J S, Kim J, Ha Y, et al. Birth abnormalities in pregnant sows infected intranasally with porcine circovirus 2 [J]. *J Comp Pathol*, 2005, 132 (2-3): 139-144.
- [21] Ramamoorthy S, Meng X J. Porcine circoviruses: A minus-culeyet mammoth paradox [J]. *Anim Health Res Rev*, 2008, 9(2):1-20.
- [22] Allan G M, Mc Neilly F, Ellis J, et al. Experimental infection of colostrum deprived piglets with porcine circovirus 2 (PCV2) and porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) potentiates PCV2 replication[J]. *Archives of Virology*, 2000, 145(11): 2421-2429.
- [23] Franzo G, Tucciarone C M, Dotto G, et al. International trades, local spread and viral evolution: The case of porcine circovirus type 2 (PCV2) strains heterogeneity in Italy[J]. *Infect Genet Evol*, 2015, 32:409-415.
- [24] 王礞礞,周艳君,陈宗燕,等.我国猪群中TTV的鉴定及其分子流行病学[J].*中国预防兽医学报*, 2009, 31(10):751-755.
- [25] 王小敏,何孔旺,王东田,等.PCV2、P1和TTV混合感染的流行病学调查[J].*福建农业学报*, 2013, 9: 864-868.

(责任编辑 董晓云)