

湖北地区猪细小病毒流行病学调查

赵润泽, 同珂, 李文静, 李桐, 陈少贤, 陈腾, 王钰, 谭旭, 王妍, 张子微, 刘国平*

(长江大学动物科学学院, 湖北荆州 434025)

摘要 [目的]探究猪细小病毒在湖北省的流行情况。[方法]2018—2019年,从湖北省荆州、随州、黄冈、恩施、咸宁5个地区的规模化猪场收集出现繁殖障碍症状和有繁殖障碍史猪群的病料共1407份,采用巢式PCR法和PCR检测试剂盒进行检测,并分析PPV阳性率与不同地区、年龄段及季节之间的感染差异,最后对PPV阳性样品进行猪伪狂犬病病毒(PRV)、猪圆环病毒2型(PCV2)及猪繁殖与呼吸综合病毒(PRRSV)3种猪繁殖障碍性疾病的检测。[结果]1407份样品中,巢式PCR法检出率为16.70%(235/1407),PCR检测试剂盒的检出率为16.35%(230/1407),2种检测方法的符合率为97.87%(230/235)。湖北各地区均有不同程度的感染,其中恩施地区的阳性率最高,为30.48%(57/187);其次为咸宁、黄冈、荆州地区,阳性率分别为20.60%(62/301)、17.41%(47/270)、14.04%(33/235);随州地区阳性率最低,为8.70%(36/414)。对不同年龄段猪群的检测结果表明,育肥猪的阳性率最高,为30.95%(65/210);其次为后备猪和初产母猪,阳性率分别为17.97%(78/434)、15.71%(55/350);经产母猪、0~30日龄仔猪的阳性率分别为9.05%(21/232)、8.84%(16/181)。PPV一年四季均流行,但春季(23.14%,121/523)和秋季(17.39%,68/391)是PPV感染的高峰期,而夏季(11.04%,33/299)和冬季(6.70%,13/194)感染率较低。PPV与其他繁殖障碍性疾病二重感染(42.13%,99/235)和三重感染(11.49%,27/235)较为常见,其中与PRRSV二重感染(21.70%,51/235)最为严重,三重感染以PPV+PRRSV+PCV2(5.53%,13/235)较多,四重感染在此次采集的样品中未检测到。[结论]该研究对湖北省PPV的流行情况及特点进行了调查,为PPV的防控提供了参考数据。

关键词 猪细小病毒;流行病学;混合感染

中图分类号 S851.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)08-0083-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.08.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Epidemiological Investigation on PPV Infection in Swine in Hubei

ZHAO Run-ze, TONG Ke, LI Wen-jing et al (College of Animal Science, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025)

Abstract [Objective] To study the prevalence of PPV in Hubei Province. [Method] From 2018 to 2019, 1407 samples of pig herd with the symptom and history of infertility were collected from three large-scale swine farms in 5 regions (Jingzhou, Suizhou, Huanggang, Enshi, Xianning) of Hubei Province and detected by the nested PCR method and PCR test kit. PPV positive rate and its difference in different regions, ages and seasons were analyzed. Finally, PPV positive samples were detected by the kits of three porcine reproductive disorders (PRV, PCV2, PRRSV). [Result] In 1407 samples, the positive rate of nested PCR was 16.7% (235/1407), the positive rate of PCR test kit was 16.35% (230/1407), the coincidence rate of two methods was 97.87% (230/235). Different degrees of infection with PPV occurred in different regions of Hubei Province, the positive rate in Ensi region was the highest (30.48%, 57/187), followed by Xianning region, Huanggang region, and Jingzhou region, the positive rates were 20.60% (62/301), 17.41% (47/270), 14.04% (33/235), respectively. The positive rate in Suizhou region was the lowest (8.70%, 36/414). The detection results of swine in different age groups showed that the positive rate of fattening pigs was 30.95% (65/210), followed by reserve pigs and primiparous sows, the positive rates were 17.97% (78/434) and 15.71% (55/350) respectively. The positive rates of postpartum sows and 0-30 day-old piglets were 9.05% (21/232) and 8.84% (16/181) respectively. PPV had strong prevalence all around year; spring (23.14%, 121/523) and autumn (17.39%, 68/391) were in peak of infection, but summer (11.04%, 33/299) and winter (6.7%, 13/194) were in low infection rate. PPV had double infection (42.13%, 99/235) and triple infection (11.49%, 27/235) with other porcine reproductive disorders, the double infection (21.70%, 51/235) with PRRSV was the most serious. The triple infection (5.53%, 13/235) with PRRSV and PCV2 was also serious. The quadruplex infection was not detected in these samples. [Conclusion] This study investigated and analyzed the prevalence state and characteristics of PPV in Hubei Province, which provided references for the prevention of PPV.

Key words Porcine parvovirus; Epidemiology; Mixed infection

猪细小病毒(porcine parvovirus, PPV)是猪细小病毒科的ssDNA病毒,PPV感染主要引起初产母猪和经产母猪出现不孕、流产、产死胎、木乃伊胎和重复返情等繁殖障碍^[1],繁殖障碍的严重程度取决于毒株的致病性和母猪所处的妊娠期。在母猪妊娠30d内感染,主要导致胚胎死亡或被母体重吸收;妊娠30~70d,主要表现为流产、产死胎、木乃伊胎;妊娠70d后感染,一般不引起病害,母猪多能正常产仔,但这些仔猪常常带有抗体并长期带毒。PPV毒株大致分为4种类型:①以NADL-2为代表的弱毒株,感染妊娠母猪后无法经胎盘感染胎儿,被用作弱毒疫苗株;②以NADL-8为代表的强毒株,感染血清阴性母猪后,引起病毒血症,并跨越胎盘屏障感

染胎儿并致死;③以Kresse株为代表的皮炎型强毒株;④肠炎型毒株,主要引起肠道病变^[2]。近年来,随着规模化养猪业的迅速发展,PPV感染日益严重,不同年龄、品系、性别、的家猪和野猪均可感染。病猪和带毒猪是主要传染源,通过口、鼻分泌物和排泄物向外排毒。PPV在全球范围内普遍流行,瑞典、克罗地亚等欧洲国家在家猪、野猪均检出PPV^[3-4];泰国、韩国等亚洲国家也相继报道了PPV的感染情况^[5-6];我国河南、四川、贵州等地区PPV均出现不同程度的感染^[7-8]。感染PPV的母猪无明显的临床症状,且疫苗免疫后也无法阻止病猪排毒,猪细小病毒的广泛传播及隐性感染^[9],给养猪业造成了严重的危害。为深入了解湖北地区PPV的流行特点,笔者于2018—2019年从湖北省5个地级市的规模化猪场收集出现繁殖障碍症状和有繁殖障碍史猪群的病料共1407份,采用笔者所在课题组建立的巢式PCR法对PPV进行调查,并分析不同地区、年龄段、季节及与其

基金项目 国家自然科学基金项目(36120006)。**作者简介** 赵润泽(1995—),男,内蒙古乌海人,硕士研究生,研究方向:预防兽医学。*通信作者,副教授,博士,从事预防兽医学研究。**收稿日期** 2020-08-29

他繁殖障碍性疾病混合感染的情况,以期为 PPV 的防控提供参考数据。

1 材料与方法

1.1 样品采集 2018—2019 年,1 407 份被动送检样品,采自湖北省荆州、随州、黄冈、恩施、咸宁 5 个地区的规模化猪场,临床上出现繁殖障碍症状的母猪及其所产仔猪和有繁殖障碍史猪群。其中,荆州 235 份、随州 414 份、黄冈 270 份、恩施 187 份、咸宁 301 份,样品置于冰上保存运输至实验室,并于 24 h 内完成后续检测。

1.2 样品预处理及病毒 DNA 提取 样品预处理参照文献

[10]方法,具体步骤如下:取 1 mL 猪全血置于 1.5 mL EP 管中,1 500 r/min 离心 30 min,取上清,预处理样品用于后续病毒 DNA 提取。样品病毒 DNA 提取采用 Axygen 体液提取试剂盒,具体步骤参照试剂盒说明书进行。用 Nanodrop1 000 检测所提取 DNA 的浓度和纯度,将 DNA 于 -20 ℃ 下条件保存备用。

1.3 病原学检测 采用巢式 PCR 法对样品进行病原学检测。引物序列如表 1 所示。同时,采用猪细小病毒 PCR 检测试剂盒进行复检,具体步骤参照试剂盒说明书进行。

表 1 引物序列

Table 1 Primer sequences

引物 Primers	序列 Primer sequences (5' - 3')	片段大小 Product size//bp	参考文献 References
PPV-O	F 为 5'-TAAAGTTAGAATAGGATGCGAGGAA-3',R 为 5'-TGCTGCGCGC TCTGATGGA -3'	716	[11]
PPV-I	F 为 5'-AAACTGCCAG GTGATT -3',R 为 5'-TCCACGCTC CAAG -3'	286	
PRV-O	F 为 5'-GCTCGCCTCGTCAGCAAC-3',R 为 5'-AACACGCGCAGCAGAGACT-3'	499	[12]
PRV-I	F 为 5'-GCGTGTACTGCGACTGCGTGT-3',R 为 5'- CGACCTGGCGTTTATTAACCGAGA -3'	356	
PRRSV-O	F 为 5'-AATCTTGARGAATGCTTGGC-3',R 为 5'-GCTGAGTAYTTTGGGCGTG-3'	1 034	[13]
PRRSV-I	F 为 5'-TTCITTTGATTGGRATGTTGTGC-3',R 为 5'-CAAGGAGCTGCTTGAYGACAC-3'	1 029	
PCV2-O	F 为 5'-CATCTTCAACACCCGCTCT-3',R 为 5'-GGATATTGTATTCTGCTGCTAT-3'	518	[14]
PCV2-I	F 为 5'-GGCGGTGGACATGATGAGAT-3',R 为 5'-GGTTATGTTATGCGGGGAGGA-3'	254	

注:引物名称中“O”表示巢式 PCR 法的外侧引物,“I”表示内侧引物

Note:“O” indicated the outer primer and “I” indicated the inner primer of the nested PCR in the name of the primer

1.4 数据统计与分析 对不同地区、年龄段、不同季节及混合感染的检测结果,采用 SPSS 24.0 软件中的卡方检验进行差异显著性分析, $P>0.05$ 表示差异不显著, $P<0.05$ 表示差异显著。通过 Origin 2019 软件对检测样品的 PPV 感染率进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同地区 PPV 的检测结果 不同地区规模化猪场 PPV 的检测结果显示,PPV 阳性样品数为 235 份,平均阳性率为 16.70% (235/1 407)。其中恩施地区 PPV 阳性率最高,为 30.48% (57/187);其次为咸宁、黄冈、荆州地区,阳性率分别为 20.60% (62/301)、17.41% (47/270) 和 14.04% (33/235);随州地区最低,为 8.70% (36/414),不同地区间 PPV 阳性率差异显著 ($P<0.05$)。结果表明,荆州、随州、黄冈、咸宁、恩施 5 个地区规模化猪场均有不同程度感染,而恩施地区的感染尤为严重。

2.2 不同年龄段猪群 PPV 的检测结果 对不同年龄段猪群 PPV 的感染情况进行分析,其中育肥猪的阳性率最高,为 30.95% (65/210),其次是后备猪和初产母猪,阳性率分别为 17.97% (78/434) 和 15.71% (55/350),而经产母猪、0~30 日龄仔猪的阳性率较低,分别为 9.05% (21/232) 和 8.84% (16/181),不同年龄段猪群间 PPV 阳性率差异显著 ($P<0.05$,表 3)。这表明不同年龄段猪群的感染程度相差较大,育肥猪是 PPV 感染的重灾区。

2.3 不同季节 PPV 的检测结果 对不同季节猪 PPV 感染情况进行分析,其中春季的阳性率最高,为 23.14% (121/

523);其次是秋季和夏季,阳性率分别为 17.39% (68/391) 和 11.04% (33/299);冬季 PPV 的阳性率最低,为 6.70% (13/194)。不同季节 PPV 阳性率差异显著 ($P<0.05$,表 4)。这表明 PPV 一年四季均流行,但春季和秋季是 PPV 感染的高峰期,而春季感染更为严重。

表 2 湖北省不同地区猪 PPV 的检测结果

Table 2 The detection results of PPV in swine from different regions of Hubei Province

地区 Regions	样本数 Number of samples//份	阳性样本数 Number of positive samples//份	阳性率 Positive rate//%
荆州 Jingzhou	235	33	14.04
随州 Suizhou	414	36	8.70
黄冈 Huanggang	270	47	17.41
恩施 Enshi	187	57	30.48
咸宁 Xianning	301	62	20.60

表 3 不同年龄段猪群 PPV 的检测结果

Table 3 The detection results of PPV in different ages of swine

猪群 Swine herd	样本数 Number of samples//份	阳性样本数 Number of positive samples//份	阳性率 Positive rate//%
0~30 日龄仔猪 0-30 day-old piglets	181	16	8.84
育肥猪 Fattening pigs	210	65	30.95
后备猪 Reserve pigs	434	78	17.97
头胎母猪 Firstborn sows	350	55	15.71
经产母猪 Multiparous sows	232	21	9.05

表 4 不同季节 PPV 的检测结果

Table 4 The detection results of PPV in different seasons

季节 Season	样本数 Number of samples//份	阳性样本数 Number of positive samples//份	阳性率 Positive rate//%
春季 Spring	523	121	23.14
夏季 Summer	299	33	11.04
秋季 Autumn	391	68	17.39
冬季 Winter	194	13	6.70

2.4 混合感染情况 为了解 PPV 与其他繁殖障碍性疾病混合感染的情况,将 PPV 检测结果呈阳性的 235 份样品进行 PRV、PRRSV、PCV2 检测。结果显示,PPV 与其他繁殖障碍性疾病二重感染 (42.13%, 99/235) 最为常见,其中 PPV+PRRSV 二重感染率最高,为 21.70% (51/235);其次是 PPV+PRV、PPV+PCV2,二重感染率分别为 11.49% (27/235)、8.94% (21/235);三重感染率较低,为 11.49% (27/235),PPV+PRV+PCV2、PPV+PRRSV+PRV、PPV+PRRSV+PCV2 分别为 1.70% (4/235)、4.26% (10/235)、5.53% (13/235);四重感染情况在此次收集的样品中并未发现 (表 5)。分析发现,二重感染率显著高于三重感染率 ($P<0.05$)。

表 5 PPV 与其他繁殖障碍病混合感染情况

Table 5 Mixed infection of PPV with other reproductive disorders in pigs

感染类型 Infection type	病毒种类 Virus types	阳性率 Positive rate//%
二重感染 Double infection	PPV+PCV2	8.94 (21/235) bc
	PPV+PRV	11.49 (27/235) b
	PPV+PRRSV	21.70 (51/235) a
三重感染 Triple infection	PPV+PRV+PCV2	1.70 (4/235) e
	PPV+PRV+PRRSV	4.26 (10/235) de
	PPV+PRRSV+PCV2	5.53 (13/235) cd
四重感染 Quadruple infection	PPV+PRV+PRRSV+PCV2	0.00 (0/235) f

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicated significant difference ($P<0.05$)

3 讨论

本研究对 2018—2019 年湖北地区 PPV 的流行情况进行调查,结果显示 PPV 平均阳性率为 16.70% (235/1 407),其中荆州、随州、黄冈、恩施、咸宁地区的阳性率分别为 14.04% (33/235)、8.70% (36/414)、17.41% (47/270)、30.48% (57/187) 和 20.60% (62/301),结果表明湖北地区规模化猪场均有不同程度感染,其中恩施地区的感染尤为严重。出现这种差异,通常是由于猪场的饲养密度、免疫程序及管理水平的差异所致^[15],也可能受地理位置和自然条件等因素的影响。恩施地区相邻省市均为养猪大省,频繁的猪只调运成为 PPV 传播的重要途径。此外,恩施位于鄂南地区,该地区山林丰富,雨水充足,且散养户较多,对规模化养猪场建立优良的生物安全体系形成阻碍。刘明莉等^[16]于 2014 年 1—6 月在河南省驻马店市进行 PPV 调查 (PPV 阳性率为 25.00%);谭小兵等^[17]于 2015—2016 年从四川遂宁市规模化猪场采集 649 份样品,进行 PPV 流行情况监测与分析,结果发现 PPV

阳性率为 28.04%;杨先富等^[18]于 2017 年对贵州省剑河县 3 个猪场进行 PPV 流行情况调查,结果发现 3 个猪场 PPV 的阳性率分别为 35.09%、42.06% 和 46.18%。研究表明,PPV 在我国分布广泛且造成严重损失,而湖北地区 PPV 阳性率相对较低,考虑到 2018 年非洲猪瘟在国内蔓延,规模化养猪业配备比以往更优良的管理水平及生物安全体系,大大降低了 PPV 的传播。

不同年龄段猪群 PPV 的调查显示,不同年龄段猪群的感染程度相差较大,其中育肥猪的阳性率最高,其次是后备猪、初产母猪和经产母猪,0~30 日龄仔猪最低。新生仔猪通过摄取初乳中的母源抗体,获得对 PPV 的被动保护^[19];后备猪和育肥猪的饲养密度较其他年龄段猪群更为密集,饲养环境和管理水平也相对较低。即使接受疫苗免疫的病猪,也无法阻止其通过口-鼻、排泄物向外排毒^[20],污染环境、饲料及饮水等,造成大规模的感染,这也可能是后备猪和育肥猪未按照母源抗体的消长规律进行合理免疫,母源抗体水平降至临界点后免疫不及时所致^[19]。

PPV 在湖北地区一年四季均可流行,但春季和秋季是 PPV 感染的高峰期,而春季感染更为严重。究其原因,湖北地处亚热带,降水充沛,雨热同季,春季气温多变,秋季气温下降迅速,且春、秋季的降水量显著高于夏、冬季,温度和湿度更适宜 PPV 在猪舍内存活和传播^[21]。此外,猪的汗腺不发达,散热困难,母猪的最佳繁殖环境温度 20~23 ℃,当环境温度过高时,机体不能完成正常的生理调节而出现热应激,产生一系列的生理、病理变化,不利于卵泡发育和成熟,同时炎热的子宫环境也不利于受精卵的附植和发育^[22]。因此,规模化猪场往往在春、秋季进行集中配种,这也增加了 PPV 的传播风险,需要加强春、秋季猪群的综合防疫工作。

该研究中 PPV 与其他繁殖障碍性疾病混合感染的检测结果显示,二重感染 (42.12%) 和三重感染 (11.49%) 较为常见,与 PRRSV 二重感染 (21.70%) 最为严重,三重感染以 PPV+PRRSV+PCV2 (5.53%) 较多,四重感染在此次采集的样品中未检测到,与吕其壮等^[23]的研究结果相一致。由于 PPV 与其他繁殖障碍性疾病具有协同作用,多种病原混合感染已成为常态,未来对猪繁殖障碍性疾病也应从多病原混合感染的维度进行防控。

为作好 PPV 防控工作,可从以下方面着手:①建议每隔 4~6 月对所有妊娠母猪重新接种疫苗,虽然疫苗可以保护猪群免受猪细小病毒病的侵害,但无法阻止病猪排毒;②多种病原混合感染已成为常态,今后猪病的防控与净化也应以多病原治理为思路;③优良的免疫程序要搭配科学的管理制度,现代化养殖业要以疫病净化为手段,以建立生物安全体系为核心。

参考文献

- [1] 吴高峰,胡建民.猪细小病毒病的研究进展[J].安徽农业科学,2006,34(4):679-681.
- [2] DUNNE H W, GOBBLE J L, HOKANSON J F, et al. Porcine reproductive failure associated with a newly identified "SMEDI" group of picorna viruses[J]. Am J Vet Res, 1965, 26(115): 1284-1297.

点(18029492)由碱基 A 突变为 C,导致编码的氨基酸由疏水性的丝氨酸(Ser)突变为非极性丙氨酸(Ala);同时,对候选基因 *BGIOGA015140* 上下游区域进行 GO 分析,并未发现有已报道的与水稻黄化叶色相关的基因。因此,该研究把 *BGIOGA015140* 列为调控 8272 在不同环境条件下叶尖颜色变化的候选新基因。

参考文献

- [1] DAWE D, PANDEY S, NELSON A. Emerging trends and spatial patterns of rice production [C]// PANDEY S, BYERLEE D, DAWE D, et al. Rice in the global economy: Strategic research and policy issues for food security. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute (IRRI), 2010.
- [2] KHUSH G S. What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030 [J]. *Plant molecular biology*, 2005, 59(1): 1-6.
- [3] SUZUKI J Y, BOLLIVAR D W, BAUER C E. Genetic analysis of chlorophyll biosynthesis [J]. *Annual review of genetics*, 1997, 31(1): 61-89.
- [4] 葛生珍. 水稻黄化突变体 *xnt7* 的生理特性和基因精细定位 [D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [5] 刘颖. 水稻黄绿叶突变体 *M32* 的遗传分析和基因定位 [D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2016.
- [6] 景晓阳, 吴殿星, 舒庆尧, 等.⁶⁰Co- γ 射线诱发的籼型温敏核不育水稻叶色突变系变异分析 [J]. *作物学报*, 1999, 25(1): 64-69.
- [7] 马志虎, 颜素芳, 罗秀龙, 等. 辣椒黄绿苗突变体对良种繁育及纯度鉴定作用 [J]. *北方园艺*, 2001(3): 13-14.
- [8] SU N, HU M L, WU D X, et al. Disruption of a rice pentatricopeptide repeat protein causes a seedling-specific albino phenotype and its utilization to enhance seed purity in hybrid rice production [J]. *Plant physiology*, 2012, 159(1): 227-238.
- [9] FAMBRINI M, CASTAGNA A, VECCHIA F D, et al. Characterization of a pigment-deficient mutant of sunflower (*Helianthus annuus* L.) with abnormal chloroplast biogenesis, reduced PS II activity and low endogenous level of abscisic acid [J]. *Plant science*, 2004, 167(1): 79-89.
- [10] PARKS B M, QUAIL P H. Phytochrome-deficient *hy1* and *hy2* long hypocotyl mutants of *Arabidopsis* are defective in phytochrome chromophore biosynthesis [J]. *The plant cell*, 1991, 3(11): 1177-1186.
- [11] AGRAWAL G K, YAMAZAKI M, KOBAYASHI M. Screening of the rice viviparous mutants generated by endogenous retrotransposon *Tos17* inser-

- tion. Tagging of a zeaxanthin epoxidase gene and a novel *OsTATC* gene [J]. *Plant physiology*, 2001, 125: 1248-1257.
- [12] STERN D B, HANSON M R, BARKAN A. Genetics and genomics of chloroplast biogenesis; Maize as a model system [J]. *Trends in plant science*, 2004, 9(6): 293-301.
- [13] ZHAO Y, WANG M L, ZHANG Y Z, et al. A chlorophyll-reduced seedling mutant in oilseed rape, *Brassica napus*, for utilization in F₁ hybrid production [J]. *Plant breeding*, 2000, 119(2): 131-135.
- [14] LICHTENTHALER H K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes [J]. *Methods in enzymology*, 1987, 148: 350-382.
- [15] LIU H J, LI Q Z, YANG F, et al. Differential regulation of protochlorophyllide oxidoreductase abundances by VIRESCENT 5A (*OsV_{SA}*) and VIRESCENT 5B (*OsV_{SB}*) in rice seedlings [J]. *Plant and cell physiology*, 2016, 57(11): 2392-2402.
- [16] ZHANG Z M, TAN J J, SHI Z Y, et al. Albino leaf1 that encodes the sole octotricopeptide repeat protein is responsible for chloroplast development [J]. *Plant physiology*, 2016, 171(2): 1182-1191.
- [17] 郭鹏, 邵健丰, 刘洪家, 等. 水稻温敏黄转绿突变体 *v5* 的鉴定和基因定位 [J]. *浙江农业学报*, 2011, 23(5): 857-861.
- [18] 舒庆尧, 刘贵付, 夏英武. 温敏水稻叶色突变体的研究 [J]. *核农学报*, 1996, 10(1): 6-10.
- [19] LIU W Z, FU Y P, HU G C, et al. Identification and fine mapping of a thermo-sensitive chlorophyll deficient mutant in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Planta*, 2007, 226(3): 785-795.
- [20] ZHENG K L, ZHAO J, LIN D Z, et al. The rice *TCM5* gene encoding a novel deg protease protein is essential for chloroplast development under high temperatures [J]. *Rice*, 2016, 9: 1-13.
- [21] WU Z M, ZHANG X, HE B, et al. A chlorophyll-deficient rice mutant with impaired chlorophyllide esterification in chlorophyll biosynthesis [J]. *Plant physiology*, 2007, 145(1): 29-40.
- [22] KONG W Y, YU X W, CHEN H Y, et al. The catalytic subunit of magnesium-protoporphyrin IX monomethyl ester cyclase forms a chloroplast complex to regulate chlorophyll biosynthesis in rice [J]. *Plant molecular biology*, 2016, 92(1): 177-191.
- [23] LIM V I. Algorithms for prediction of α -helical and β -structural regions in globular proteins [J]. *Journal of molecular biology*, 1974, 88(4): 873-894.
- [24] 沈同, 王镜岩. 生物化学(上册) [M]. 北京: 人民教育出版社, 1990, 8.
- [25] KHAN S, VIHINEN M. Performance of protein stability predictors [J]. *Humane mutation*, 2010, 31(6): 675-684.

(上接第 85 页)

- [3] MALMSTEN A, MAGNUSSON U, RUIZ-FONS F, et al. A serologic survey of pathogens in wild boar (*Sus scrofa*) in Sweden [J]. *J Wildl Dis*, 2018, 54(2): 229-237.
- [4] ROIC B, CAJAVEC S, TONCIC J, et al. Prevalence of antibodies to porcine parvovirus in wild boars (*Sus scrofa*) in Croatia [J]. *J Wildl Dis*, 2005, 41(4): 796-799.
- [5] TUMMARUK P, TANTILERTCHAROEN R. Seroprevalence of porcine reproductive and respiratory syndrome, *Aujeszky's* disease, and porcine parvovirus in replacement gilts in Thailand [J]. *Trop Anim Health Prod*, 2012, 44(5): 983-989.
- [6] JEOUNG H Y, LIM S I, KIM J J, et al. Serological prevalence of viral agents that induce reproductive failure in South Korean wild boar [J]. *BMC Vet Res*, 2015, 11(1): 1-4.
- [7] 刘伯庶, 王琼秋, 李永斌, 等. 猪细小病毒病流行病学调查 [J]. *中国畜牧兽医*, 2006, 33(9): 100-102.
- [8] 毛以智, 王兴群, 赵福斌, 等. 遵义市部分规模养猪场 7 种疫病的血清学调查 [J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(12): 5366, 5369.
- [9] FOERSTER T, STRECK A F, SPECK S, et al. An inactivated whole-virus porcine parvovirus vaccine protects pigs against disease but does not prevent virus shedding even after homologous virus challenge [J]. *J Gen Virol*, 2016, 97(6): 1408-1413.
- [10] OPRIESSNIG T, GERBER P F, MATZINGER S R, et al. Markedly different immune responses and virus kinetics in littermates infected with porcine circovirus type 2 or porcine parvovirus type 1 [J]. *Vet Immunol Immunopathol*, 2017, 191: 51-59.
- [11] 刘国平, 李文静, 常小云, 等. 一种通用型猪细小病毒巢式 PCR 引物组及其应用: CN201910056454.3 [P]. 2019-05-03.

- [12] 刘国平, 常小云, 张烁, 等. 一种通用型巢式 PCR 检测伪狂犬病毒的方法: CN201810668926.6 [P]. 2019-05-17.
- [13] 刘国平, 晋钱钱, 谢洪涛, 等. 一种通用型猪蓝耳病毒三重巢式 RT-PCR 检测引物及方法: CN201910071660.1 [P]. 2019-05-17.
- [14] 刘国平, 李文静, 刘艳珍, 等. 一种通用型猪圆环病毒 2 型巢式 PCR 检测方法: CN201910170146.3 [P]. 2019-05-24.
- [15] ORAVAINEN J, HEINONEN M, TAST A, et al. High porcine parvovirus antibodies in sow herds: Prevalence and associated factors [J]. *Reprod Domest Anim*, 2005, 40(1): 57-61.
- [16] 刘明莉, 朱凤霞. 驻马店市 2014 年上半年生猪、家禽疫病流行病学调查及预警分析 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2014(20): 79-80.
- [17] 谭小兵, 罗燕, 尹杰, 等. 遂宁市猪细小病毒病的流行情况监测与分析 [J]. *四川畜牧兽医*, 2016, 43(11): 29-30, 32.
- [18] 杨先富, 廖飞, 陈引桂, 等. 剑河县某 3 个猪场剑白香猪细小病毒病的诊断及流行调查与防控 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2018(24): 101-103.
- [19] GAVA D, SOUZA C K, MORES T J, et al. Dynamics of vanishing of maternally derived antibodies of *Ungulate protoparvovirus 1* suggests an optimal age for gilts vaccination [J]. *Trop Anim Health Prod*, 2017, 49(5): 1085-1088.
- [20] JÓZWIK A, MANTEUFEL J, SELBITZ H J, et al. Vaccination against porcine parvovirus protects against disease, but does not prevent infection and virus shedding after challenge infection with a heterologous virus strain [J]. *J Gen Virol*, 2009, 90(Pt10): 2437-2441.
- [21] MÉSZÁROS I, OLASZ F, CSÁGOLA A, et al. Biology of porcine parvovirus (*Ungulate parvovirus 1*) [J]. *Viruses*, 2017, 9(12): 1-14.
- [22] 潘新尤, 徐杰. 气温对母猪受胎率的影响 [J]. *养猪*, 2012(2): 37-38.
- [23] 吕其壮, 林谦, 陈旭健, 等. 广西地区陆川猪病毒性免疫抑制病的流行病学调查 [J]. *中国预防兽医学报*, 2018, 40(2): 106-111.