



华中农业大学
HUAZHONG AGRICULTURAL UNIVERSITY

纪念中国改革开放养猪40年庆典暨学术研讨会 南宁 2018.11.9

通城猪种质特性研究与新品种培育

刘 榜

华中农业大学动物科技学院

农业动物遗传育种与繁殖教育部重点实验室

提 纲



- 一、背景与思路
- 二、通城猪肉质特性
- 三、通城猪抗蓝耳病的发现与遗传基础研究
- 四、以通城猪为素材的新品种培育进程

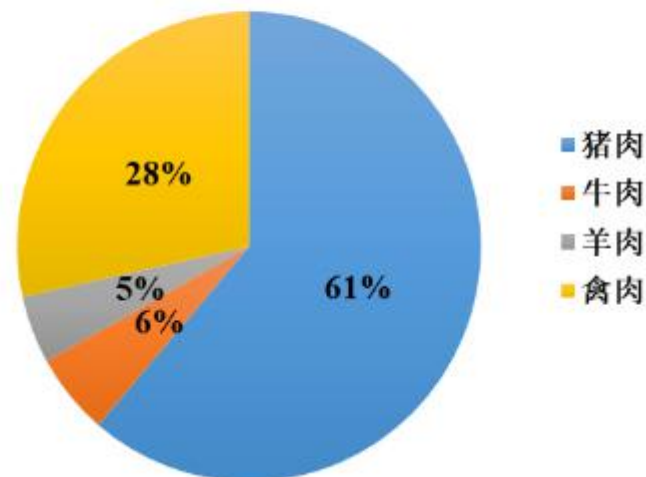
一、背景与思路



我国是世界第一养猪大国和猪肉消费大国
猪肉消费量占肉类消费的**60%**以上，品质要求不断提高



2016年肉类消费结构

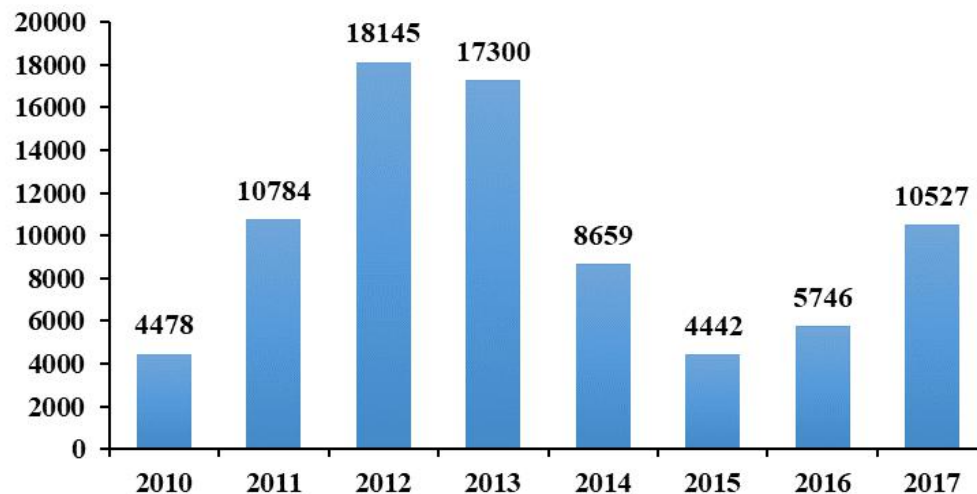


一、背景与思路



- 种猪依赖进口，引进品种以瘦肉型猪为主

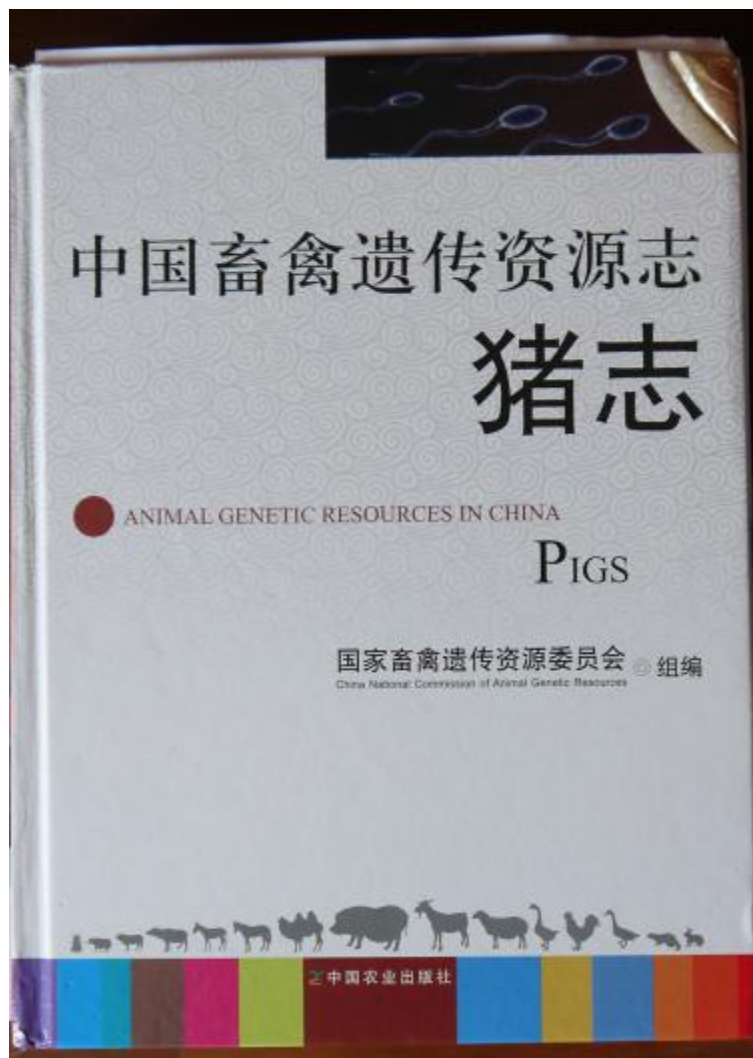
2010-2017年中国种猪进口量（头）



根据种猪信息网信息整理



《中国畜禽遗传资源志 猪志》（2012）



收录的猪
品种数量

- 地方猪**76**个，
- 培育猪**18**个，
- 引入猪**6**个
(大白、长白、巴克夏、杜洛克、皮特兰、汉普夏)

一、背景与思路



国外猪种：生长快、瘦肉率高、肉质差、抗逆性弱

中国猪种：生长慢、瘦肉率低、肉质好、抗逆性强

如何挖掘我国地方品种的优良基因资源，将国外品种和我国地方品种的优点结合起来培育新品种，改变我国种猪依赖进口的局面以及满足多元化市场需求，开展相关研究具有重要性和必要性。



通城猪

- 是第一批入选我国保种名录品种之一，产于湖北省通城县
- 具有性成熟早、耐粗、抗逆性强等
- 肉质独居特色。



国家级畜禽品种资源保护名录

原发表日期: 2004-05-24 原作者: 农业部 文章来源: 中国畜牧兽医信息网

**在 20 世纪 80 年代张仲葛教授
曾以“肉质嫩美”来评价其特点
(张仲葛 1982)**

2000年8月23日，农业部公告了的78个国家级畜禽品种资源保护品种，它们分别是：

(1)猪(19个): 八眉猪、大花白猪(广东大花白猪)、黄淮海黑猪(马身猪、淮猪)、内江猪、乌金猪(大河猪)、五指山猪、太湖猪(二花脸猪、梅山猪)、民猪、两广小花猪(陆川猪)、里岔黑猪、金华猪、荣昌猪、香猪(含白香猪)、**华中两头乌猪(通城猪)**、清平猪、滇南小耳猪、槐猪、蓝塘猪、藏猪;

通城猪肉质细嫩鲜美



五花肉切块

股四头肌

股二头肌

尾切块

中国著名猪肉质专家张伟力 教授 给予高度评价

通城猪肉切块质量点评

张伟力¹, 潘清煌²

(1.安徽农业大学,安徽 合肥 230036; 2.嘉兴黑猪原种场,浙江 嘉兴 314016)

中图分类号:S828.8

文献标志码: A

文章编号:1002-1957(2014)01-0068-02

摘 要:本文对 80 kg 级通城肥猪胴体作了肉切块质量评价。其切块在红度、系水力、细嫩度、大理石纹等方面表现不俗。其切块脂肪雪白无眼,有合理的坚挺度从而使切块亭亭玉立。本测定提示通城猪具有典型的华中型肉质特点,具备极品鲜肉品相。

关键词:肉切块;通城猪

威名并架扬子鳄
高雅堪比白鳍豚
传世华中两头乌
天下极品在通城

国家和市场对种猪改良需求



建立通城猪种质特性挖掘与基因资源挖掘方法



鉴定猪肉质性状、抗病性相关基因



创新猪育种体系



改良猪肉质、抗病性状



开展优质抗病猪新品种选育

二、通城猪肉质特性



表1. 通城猪的肌肉品质

$\bar{x} \pm S_E$

肉色	pH ₁	pH ₂	滴水损失 (%)	肌肉剪切力 (kg.f)	大理石纹评分	肌肉脂肪含量 (%)
3.4±0.2	6.4±0.2	5.8±0.1	1.8±0.1	3.5±0.2	3.5±0.2	3.8±0.9

2016年由农业部种猪质检中心（武汉）测定，n=29头

表2. 通城猪背最长肌风味物质及胆固醇含量（平均数±标准差）

硫胺素（mg/100g）	肌苷酸（mg/g）	胆固醇（mg/100g）
0.23±0.05	3.23±0.67	58.45±9.29

其它品种背最长肌硫胺素含量（平均数±标准差，mg/100g）

品种	硫胺素含量	参考文献
川藏黑猪	0.17mg/100g	顾以韧等，2015
杜长大猪	0.13mg/100g	顾以韧等，2015

其它品种背最长肌肌苷酸含量（平均数±标准差，mg/g）

品种	肌苷酸含量	参考文献
长白猪	2.39±0.20mg/g	呼红梅等，2011
鲁烟白猪	2.31±0.70mg/g	呼红梅等，2011
杜长大猪	1.09 mg/g～1.36 mg/g	袁亚利等，2011

表 3. 通城猪背最长肌脂肪酸（平均数±标准差，%）

肉豆蔻酸	C14:0	1.27±0.16
棕榈酸	C16:0	28.77±1.29
棕榈油酸	C16:1	3.59±0.82
硬脂酸	C18:0	11.78±1.26
油酸	C18:1n9c	43.08±2.40
亚油酸	C18:2n6c	8.93±2.36
二十碳酸	C20:1	0.58±0.08
二十碳二烯酸	C20:2	0.37±0.11
二十碳三烯酸	C20:3n6	0.20±0.08
顺芥子酸	C22:1n9	0.22±0.15
二十三碳酸	C23:0	1.21±0.58
饱和脂肪酸	SFA	43.04±1.84
不饱和脂肪酸	UFA	56.96±1.84
单不饱和脂肪酸	MUFA	47.47±2.63
多不饱和脂肪酸	PUFA	9.50±2.50

表 5. 不同品种背最长肌脂肪酸含量比较

指标	品种	含量	参考文献
饱和脂肪酸	通城猪	$43.04 \pm 1.84\%$	朱淑斌等，2013 经荣斌，2012 李瑞丽等，2013
	沙子岭猪	42.54%	
	八眉猪	42.05%	
	定远猪	47.26%	
不饱和脂肪酸	通城猪	$56.96 \pm 1.84\%$	
	沙子岭猪	56.53%	
	定远猪	52.77%	
	八眉猪	52.70%	
亚油酸	通城猪	$8.93 \pm 2.36\%$	
	苏姜猪	5.00%	
	杜长大	5.14%	

通城猪中饱和脂肪酸含量较低，不饱和脂肪酸含量较高，尤其是必需脂肪酸——亚油酸含量较高，说明通城猪肉均具有较高的营养价值。

表6. 通城猪背最长肌氨基酸含量（平均数±标准差，g/100g）



天冬氨酸 ²	Asp	2.00±0.12
苏氨酸 ¹	Thr	1.23±0.31
丝氨酸	Ser	0.84±0.05
谷氨酸 ²	Glu	2.69±0.32
甘氨酸 ²	Gly	0.90±0.06
丙氨酸 ²	Ala	1.22±0.08
胱氨酸	Cys	0.17±0.08
缬氨酸 ¹	Val	1.01±0.20
蛋氨酸 ¹	Met	0.14±0.12
异亮氨酸 ¹	Ile	0.98±0.19
亮氨酸 ¹	Leu	1.87±0.14
酪氨酸	Tyr	0.71±0.08
苯丙氨酸 ¹	Phe	0.99±0.13
赖氨酸 ¹	Lys	2.25±0.24
组氨酸	His	1.08±0.11
精氨酸	Arg	1.34±0.09

氨基酸种类		通城猪(n=29)
氨基酸总量	TAA	19.42±1.31
必需氨基酸	EAA	8.47±0.98
鲜味氨基酸	FAA	6.80±0.46
必需氨基酸占比(%)	EAA/TAA	43.55±2.69
鲜味氨基酸占比(%)	FAA/TAA	35.11±2.54

注：上角标1的为必需氨基酸，上角标2的为鲜味氨基酸。

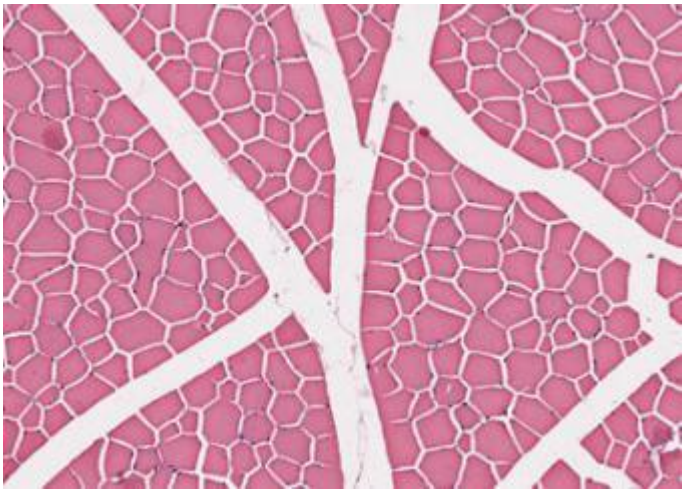
表 7. 不同品种背最长肌氨基酸含量比较

指标	品种	含量	参考文献
氨基酸总量	通城猪	19.42±1.31g/100g	朱淑斌等，2013 郭建凤等，2016 周选武等，2016
	陆川猪	17.89g/100g	
	玉山黑猪	19.16g/100g	
必需氨基酸占比	通城猪	43.55±2.69%	
	赣东黑猪	40.24%	
	长白猪×莱芜猪杂交后代	39.93%	
谷氨酸含量	通城猪	2.69±0.32	
	陆川猪	2.28g/100g	
鲜味氨基酸总量	通城猪	6.80±0.46g/100g	
	陆川猪	5.93g/100g	
	鄂通两头乌	6.92±0.59g/100g	
	苏姜猪	3.77g/100g	

通城猪猪肉中氨基酸含量丰富，尤其是必需氨基酸和鲜味氨基酸，为丰富的营养和鲜美的味道提供了物质基础。

表8. 通城猪75kg级肌纤维的组织学特性 $\bar{x} \pm S_E$

	背最长肌	股二头肌
横截面积 (μm^2)	1356 $\pm$ 101.78	1429 $\pm$ 103.96
密度 (根/ mm^2)	369.89 $\pm$ 16.11	349.58 $\pm$ 19.16
直径 (μm)	41.48 $\pm$ 2.57	42.63 $\pm$ 3.06
长径 (μm)	53.92 $\pm$ 2.13	54.22 $\pm$ 1.99
短径 (μm)	34.83 $\pm$ 1.52	35.24 $\pm$ 1.37
长短径比值	1.57 $\pm$ 0.04	1.55 $\pm$ 0.02
圆形度	0.81 $\pm$ 0.02	0.82 $\pm$ 0.01
异形指数	3.91 $\pm$ 0.03	3.89 $\pm$ 0.02



通城猪具有肉质细嫩，肌纤维直径细，单位面积内的肌纤维数目多；肌内脂肪含量适中；风味物质含量丰富，胆固醇含量低。

三、通城猪抗蓝耳病的发现与遗传基础

➤猪蓝耳病是猪繁殖与呼吸综合征（PRRS）的俗称；

➤导致母猪繁殖障碍、各年龄段猪的呼吸道疾病；

➤我国因该病造成的经济损失每年达几十亿元

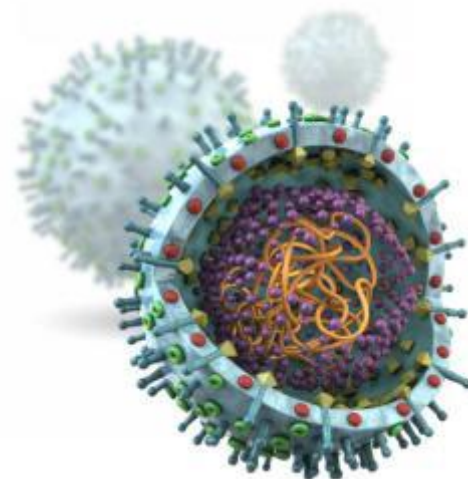


➤美国因该病造成每年达6.64亿美元的经济损失（Serão et al.,2016）

PRRS是制约养猪业发展的头号传染病

三、通城猪抗蓝耳病的发现与遗传基础

- PRRSV的易变性
- 宿主细胞是肺泡巨噬细胞
- 宿主的免疫抑制
- 病原控制、环境控制以及免疫接种



抗病育种是从根本上解决PRRS危害的有效策略之一

三、通城猪抗蓝耳病的发现与遗传基础

- 2006-至今，在全国PRRS爆发期间，通城猪却无一例发病死亡
- 在2009-2013年期间多次进行了PRRSV人工感染试验，发现通城猪相对于大白猪表现出强的抗病力。

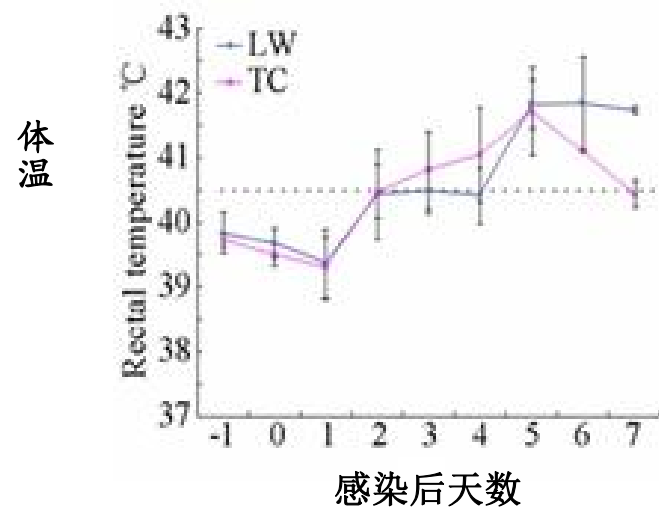


大白猪



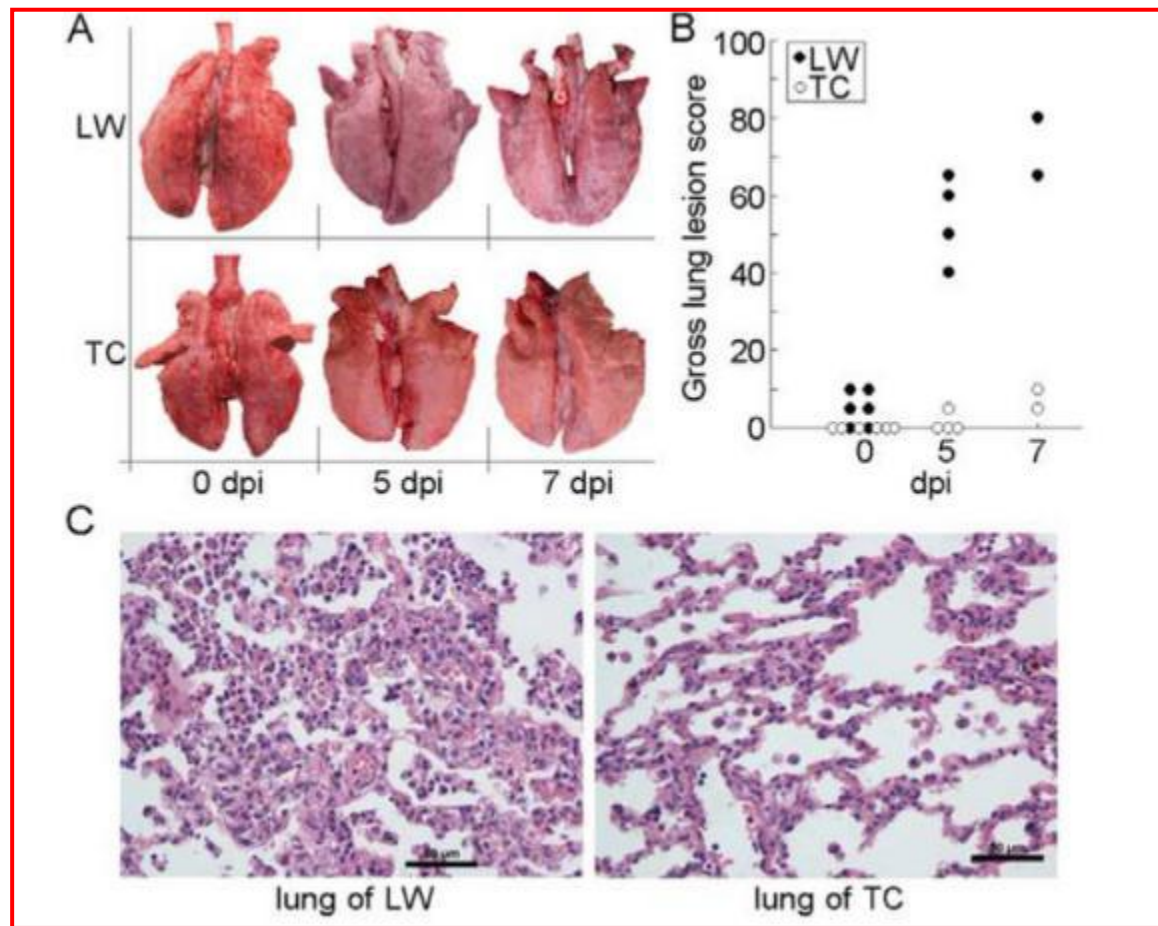
通城猪

人工感染PRRSV试验

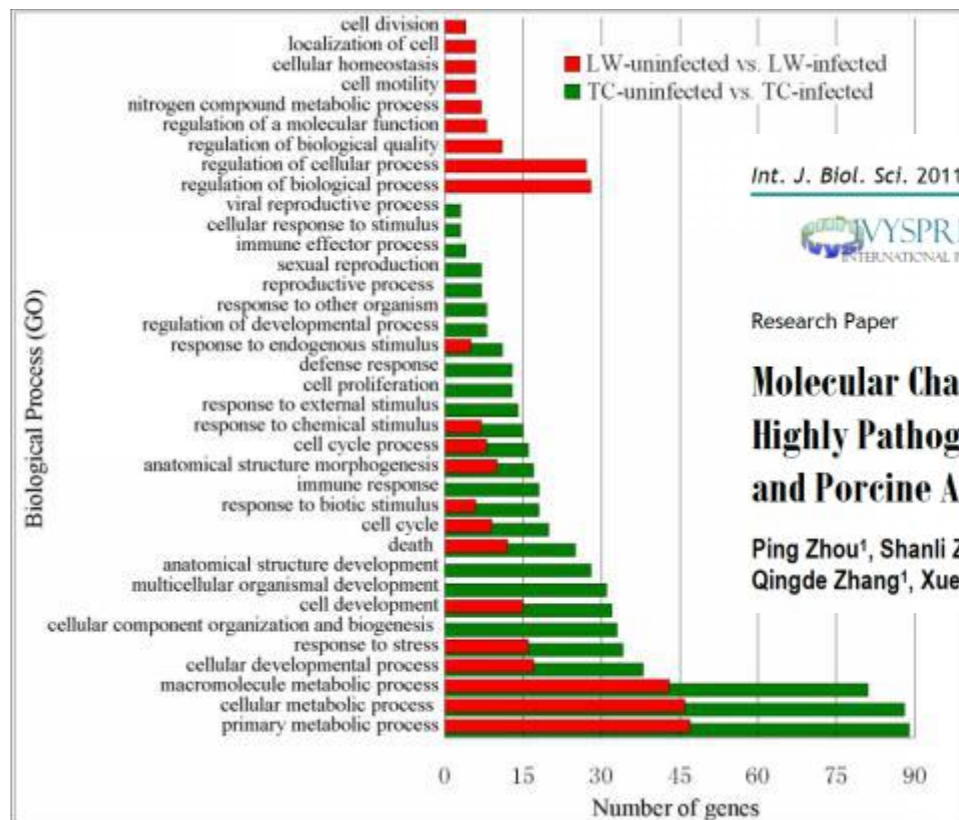


体温变化曲线

LW-大白猪，TC-通城猪



说明：通城猪较大白猪的发病程度轻



Int. J. Biol. Sci. 2011, 7

947



International Journal of Biological Sciences

2011; 7(7):947-959

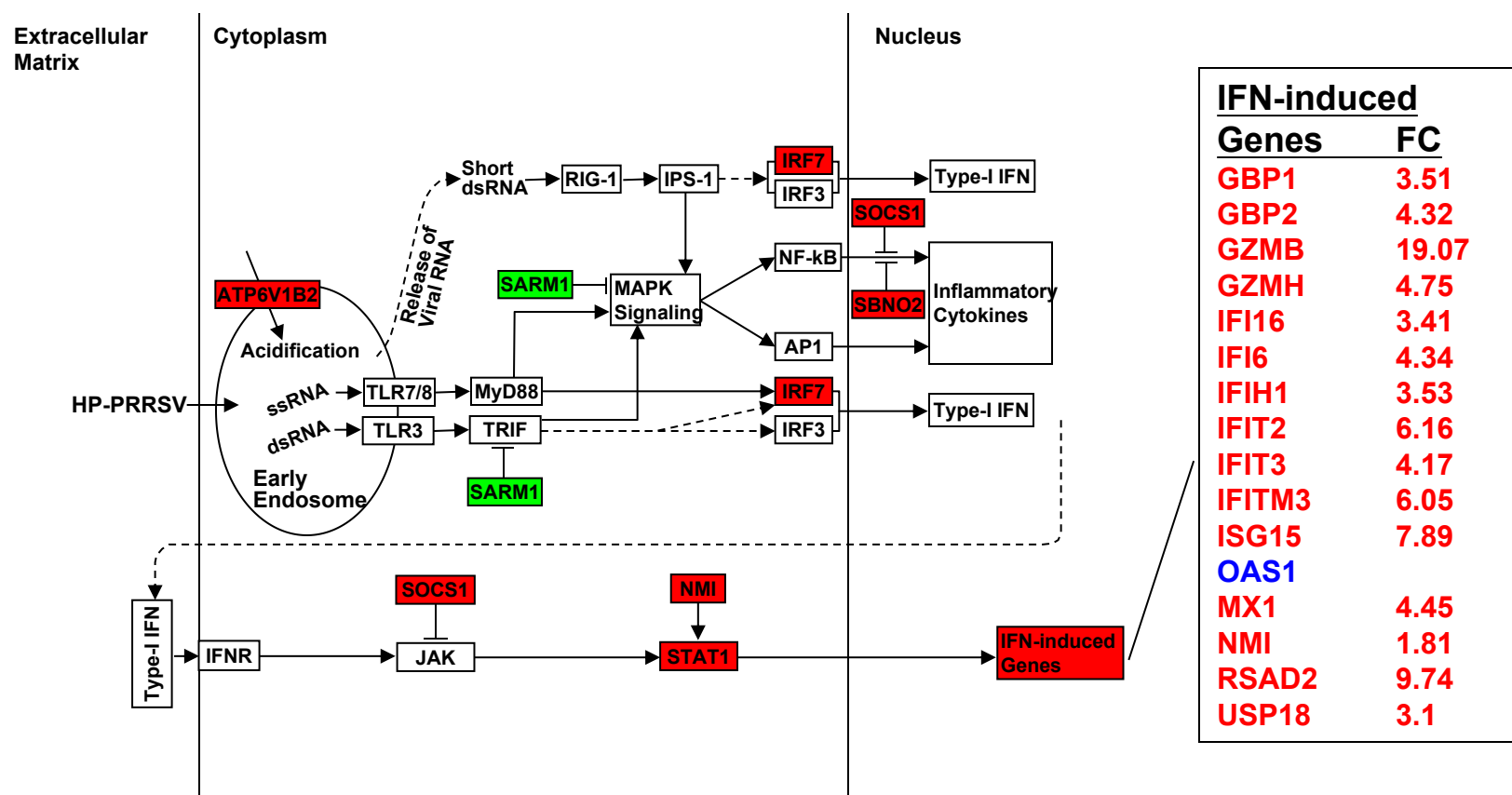
Research Paper

Molecular Characterization of Transcriptome-wide Interactions between Highly Pathogenic Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus and Porcine Alveolar Macrophages *in vivo*

Ping Zhou¹, Shanli Zhai¹, Xiang Zhou¹, Ping Lin¹, Tengfei Jiang¹, Xueying Hu², Yunbo Jiang³, Bin Wu³, Qingde Zhang¹, Xuewen Xu¹, Jin-ping Li⁴, Bang Liu^{1,✉}

表达谱芯片研究发现：通城猪中与病毒复制、炎症因子基因表达量低

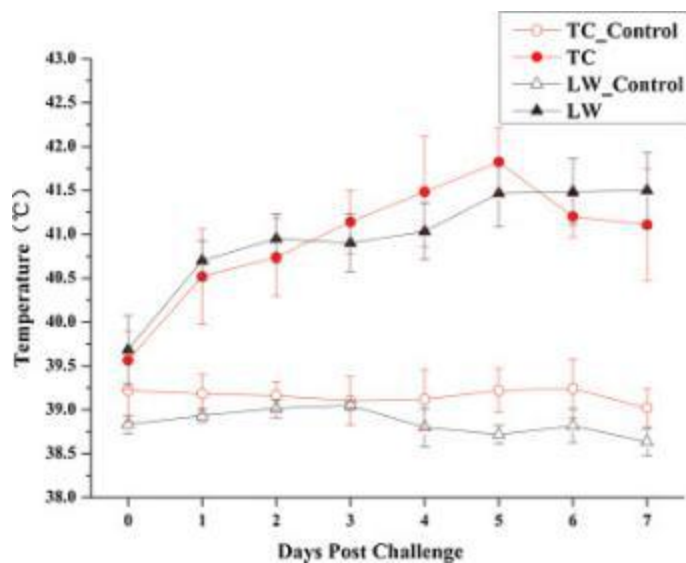
Zhou P., et al.,Liu B*., *Int J Biol Sci.* 2011



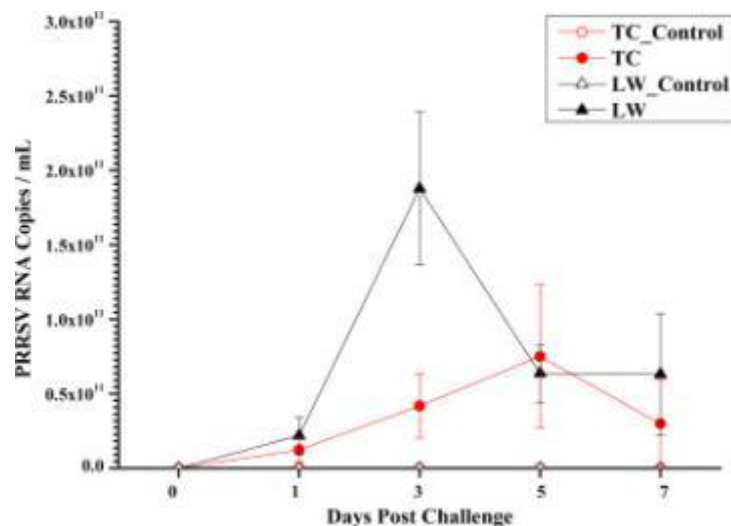
感染后5天芯片数据未显示有干扰素的表达，
但是一系列干扰素诱导基因却呈上调表达。

2013年又一次人工感染试验

感染后5天通城猪体温开始下降

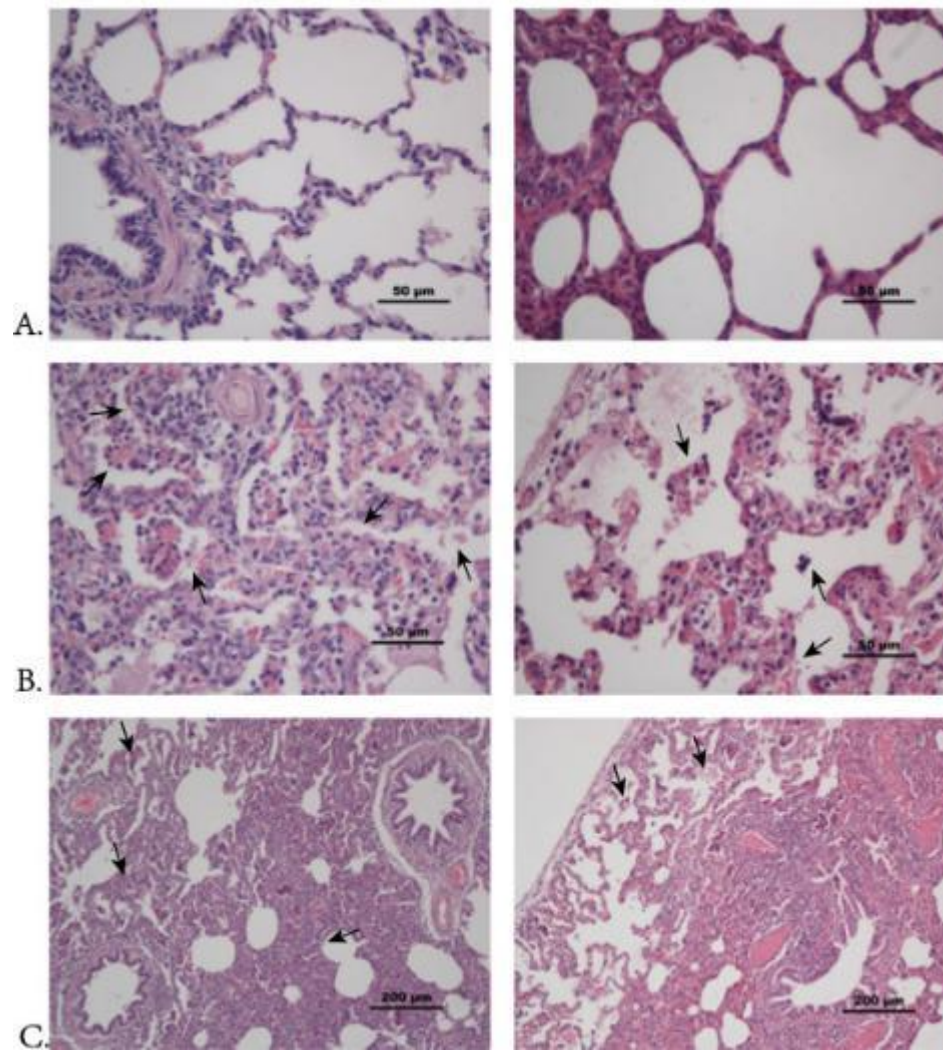


通城猪病毒载量维持较低水平



I. Large White pigs

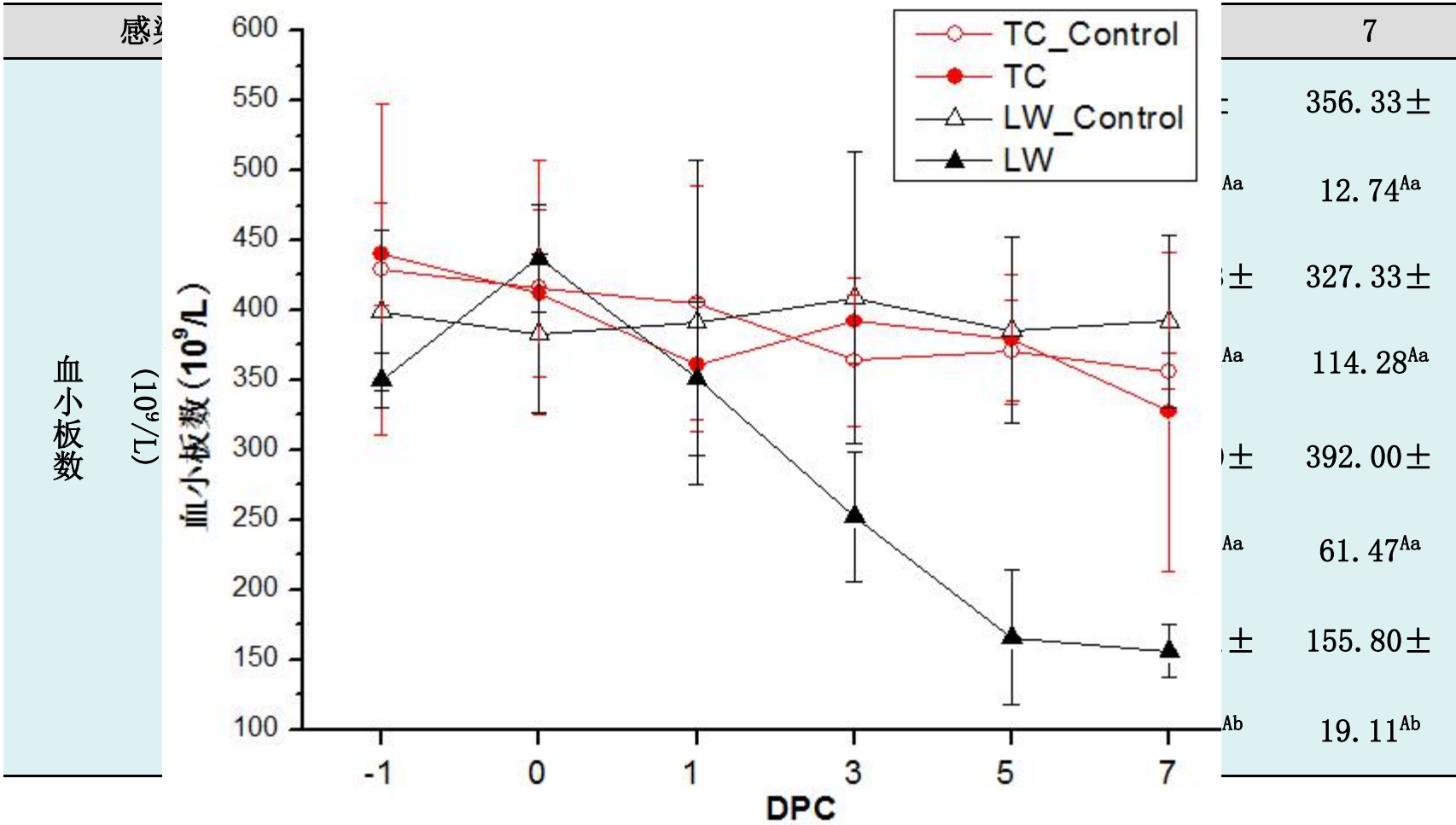
II. Tongcheng pigs



肺部组织切片HE染色：
通城猪组织渗出和细胞壁增厚相对较少

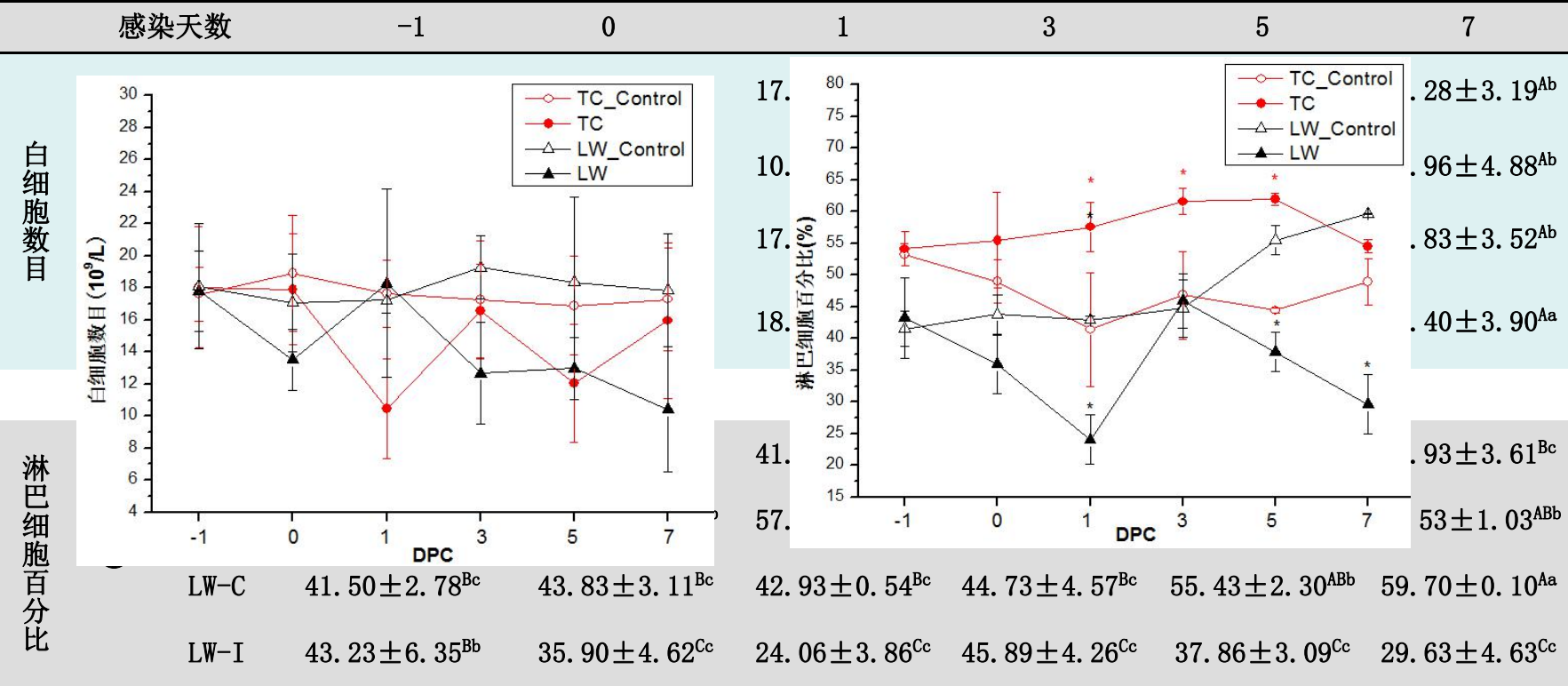
人工感染试验，通城猪和大白猪血常规指标表现显著差异

表3 通城猪和大白猪血小板数测定结果



通城猪：血小板数目变化不大
大白猪：血小板数目下降至小于正常值一半

表2 通城猪和大白猪白细胞数、淋巴细胞百分比测定结果

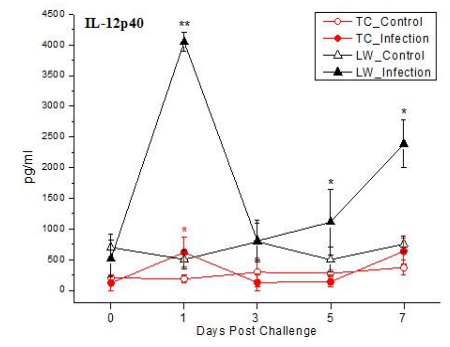
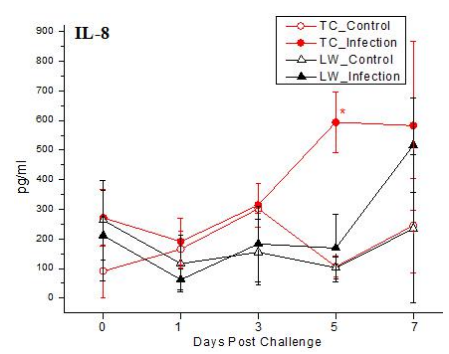
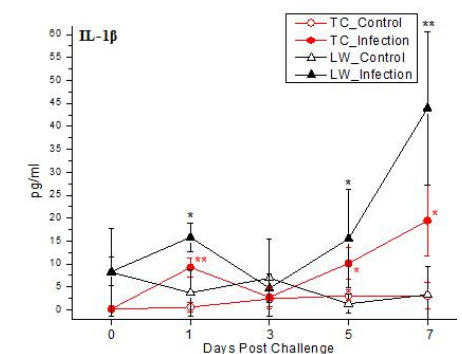


通城猪：白细胞数目波动后恢复至正常水平，淋巴细胞百分比升高
大白猪：白细胞数目持续下降，淋巴细胞百分比下降

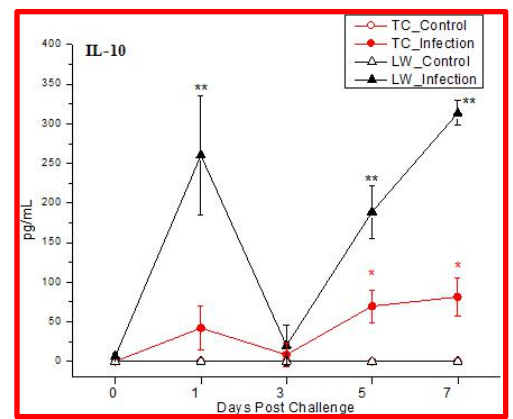
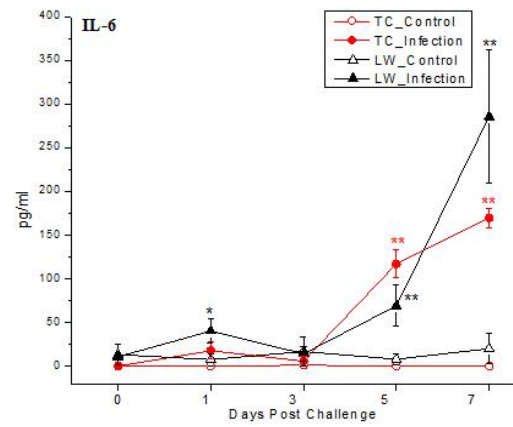
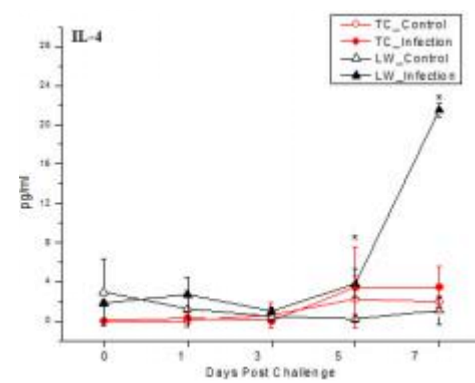
血小板计数是机体凝血功能是否正常的直接指示，血常规指标检测结果显示感染后大白猪血小板计数逐日下降，以致于到第7天时下降至低于正常值一半以下；而淋巴细胞比例则是机体产生免疫应答的指示，通城猪感染后淋巴细胞比例显著升高，表明通城猪对蓝耳病毒感染产生了较为积极的应答反应。

通过人工感染试验，研究通城猪和大白猪细胞因子、血常规指标等表现显著差异

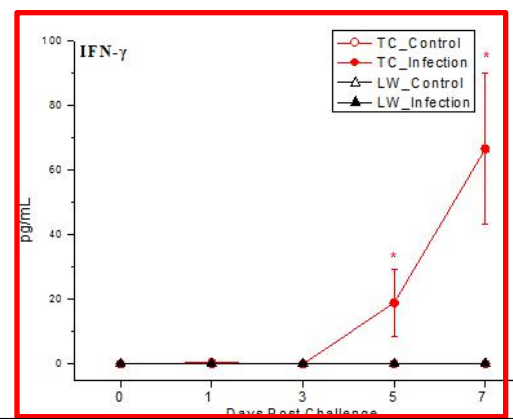
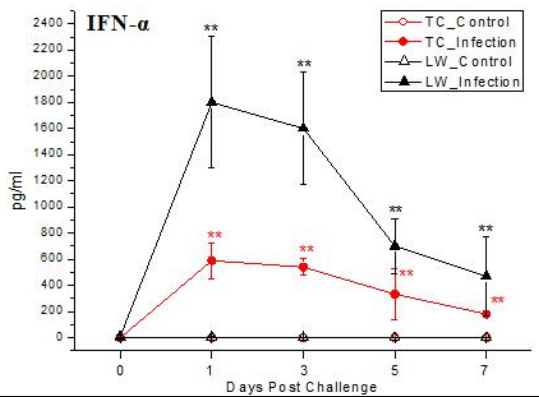
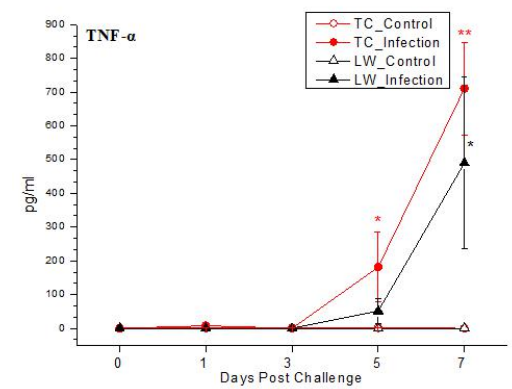
促炎因子



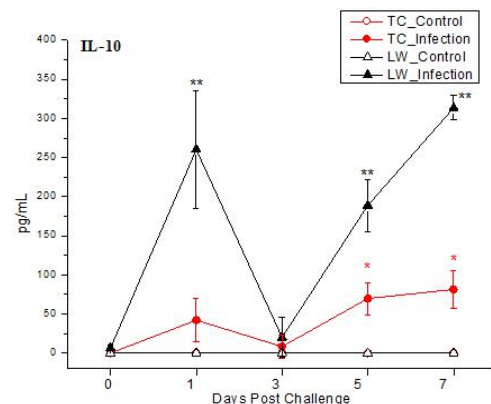
抑炎因子



抗病毒因子



人工感染试验，通城猪和大白猪细胞因子表现显著差异

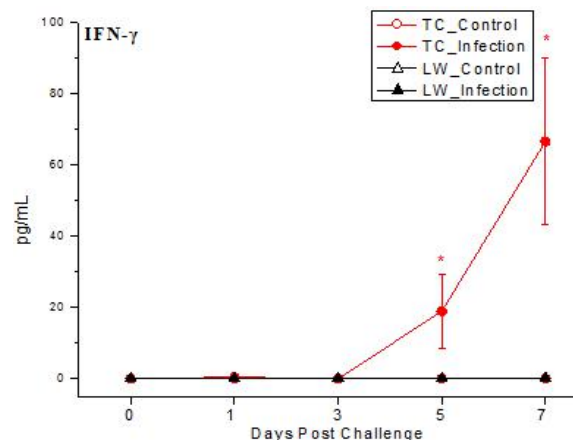


多种细胞因子在两品种中出现了较大差异，IFN- γ 和IL-10 在两品种截然相反的差异表达，

IFN- γ 具有抗病毒作用，在通城猪中显著上调，大白猪中未检测到表达；

IL-10在PRRSV感染后是引起机体免疫抑制的因子，在大白猪体内却极显著上调，而在通城猪体内表达水平低。

通城猪在蓝耳病病毒感染后产生了积极的免疫应答！！！！



Virus Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/virusres



Differences of immune responses between Tongcheng (Chinese local breed) and Large White pigs after artificial infection with highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus

Wan Liang^{a,b}, Zhenhong Li^{a,b}, Peng Wang^{a,b}, Pengcheng Fan^{a,b}, Yu Zhang^{a,b}, Qingde Zhang^{b,c}, Yan Wang^{a,b}, Xuewen Xu^{a,b}, Bang Liu^{a,b,*}

^a Key Laboratory of Agricultural Animal Genetics, Breeding and Reproduction, Ministry of Education and College of Animal Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

^b The Cooperative Innovation Center for Sustainable Pig Production, Wuhan 430070, China

^c Laboratory Animal Center, College of Animal Science and Technology and Veterinary Medicine, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China



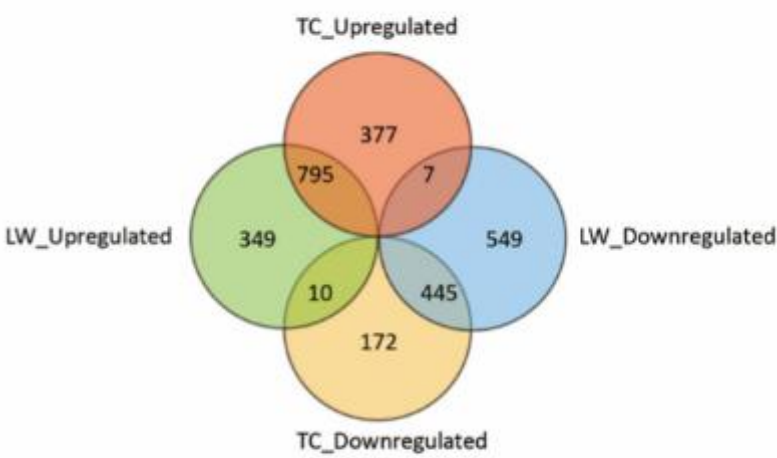
靶细胞及组织转录组测序

PRRSV靶细胞——PAMs转录组测序

测序数据量及过滤信息

分组	个体	Clean reads	% Mapped reads	Q20 (%)	转录本数量 (>0.1)	转录本数量 0.1<<1
TC_Control	C683	155,542,274	77.94	95.56	55207	35568
	C685	144,420,088	76.08	95.93	72765	54857
	C985	159,784,438	78.84	95.96	54234	3580
TC_Infection	C681	150,738,786	72.96	95.97	56554	3723
	C687	158,394,072	60.85	95.38	60754	4105
	C997	147,835,638	76.54	96.45	54838	3566
LW_Control	D71	161,061,654	79.17	95.96	60858	4216
	D82	110,922,288	77.54	95.70	75926	5688
	D88	146,633,740	78.62	95.95	69040	5131
LW_Infection	D41	158,938,676	72.97	95.65	73211	5477
	D76	136,571,286	70.36	95.49	66589	4925
	D98	140,256,430	75.98	95.92	72837	54384

差异表达基因分布

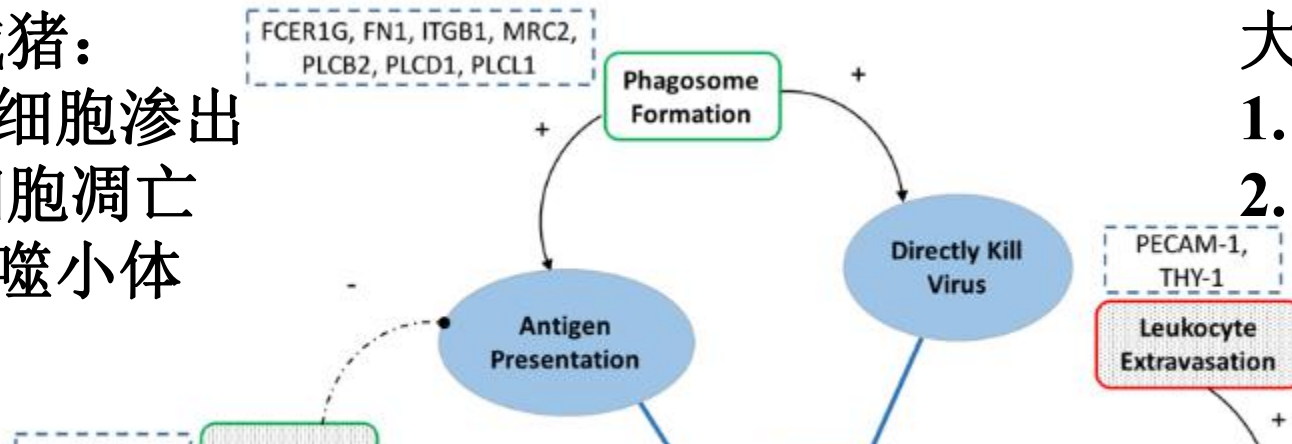


靶细胞及组织转录组测序

PRRSV靶细胞——PAMs转录组测序

通城猪：

1. 白细胞渗出
2. 细胞凋亡
3. 吞噬小体



大白猪：

1. G蛋白
2. 鞘氨醇-1-磷酸

通城猪通过促进白细胞渗出来以促进感染部位的细胞因子分泌，并抑制细胞凋亡发生以维持细胞生存和抗原呈递，其对照组表达水平较高的MHC分子也会有利于抗原呈递，从而维持免疫激活程度，尽快清除病毒。

大白猪吞噬小体形成通路受抑制程度高，导致吞噬小体对病毒粒子的直接杀伤作用减弱，抗原呈递水平降低，下调的S1P和G蛋白通过抑制PI3K-Akt通路，抑制其下游细胞因子的分泌和促细胞生长通路，不利于细胞发挥免疫功能，有利于病毒增殖而导致病毒载量较高。

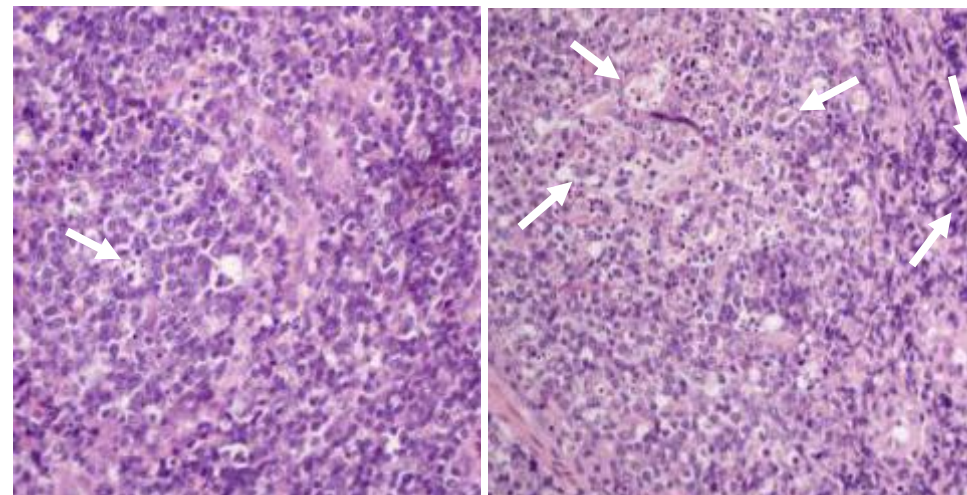
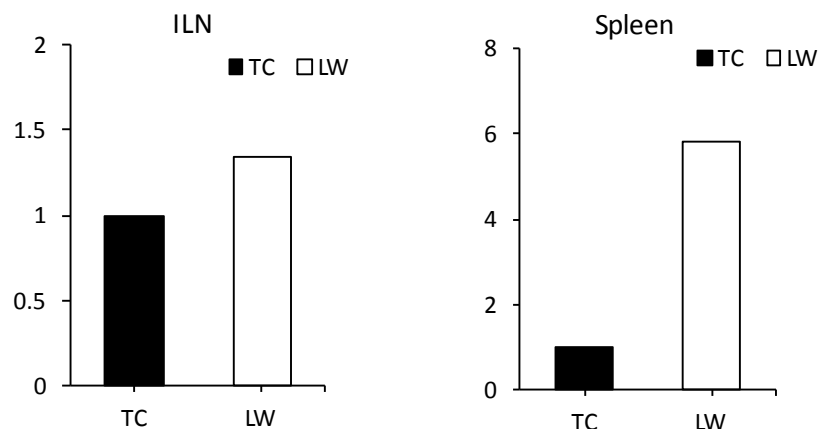
靶细胞及组织转录组测序

外周免疫器官——腹股沟淋巴结和脾脏转录组测序

腹股沟淋巴结组织病理切片

通城猪

大白猪



通城猪组织病毒载量均低于大白猪

箭头指示为细胞病变

大白猪腹股沟淋巴结坏死比例大
出现燕麦细胞型病变

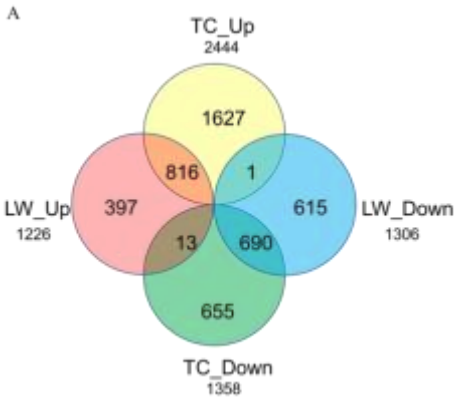
靶细胞及组织转录组测序

外周免疫器官——腹股沟淋巴结和脾脏转录组测序

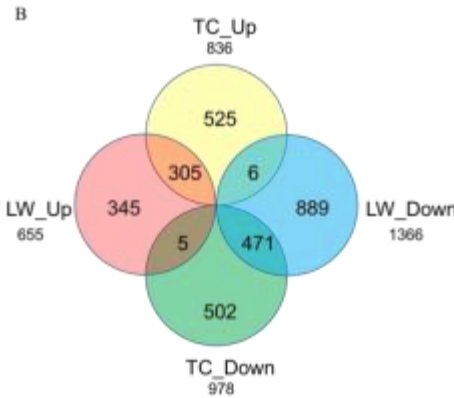
表5 测序数据量及过滤信息

分组 Groups	编号 Num.	处理后读段 Clean reads	处理后 Clean bases	Q20 (%)	GC含量 GC content (%)
LW_ILN_Control	1	108717718	16.31G	98.23	46.97
	2	102164308	15.32G	98.21	47.08
	3	88050400	13.21G	98.37	45.79
	4	152999922	22.95G	98.08	52.03
LW_ILN_Infection	5	126381352	18.96G	98.34	48.88
	6	142543054	21.38G	98.28	53.7
LW_Spleen_Control	1	103197220	15.48G	98.41	45.53
	2	94376694	14.16G	98.38	44.69
	3	79150918	11.87G	98.3	46.65
	4	116952704	17.54G	97.94	46.09
LW_Spleen_Infection	5	101102500	15.17G	97.97	47.37
	6	97065750	14.56G	98.37	48.44
TC_ILN_Control	1	108575714	16.29G	97.83	47.08
	2	92271242	13.84G	96.73	51.81
	3	102779520	15.42G	98	46.94
	4	127220626	19.08G	98.15	56.21
TC_ILN_Infection	5	127474824	19.12G	98.39	56.96
	6	117613750	17.64G	97.98	56.18
TC_Spleen_Control	1	101185558	15.18G	98.26	57.1
	2	97295112	14.59G	98.22	56.13
	3	96373672	14.46G	98.37	52.39
	4	95356608	14.3G	98.43	58.79
TC_Spleen_Infection	5	109123544	16.37G	98.28	57.49
	6	105740766	15.86G	98.15	56.84

差异表达基因分布——腹股沟淋巴结



差异表达基因分布——脾脏

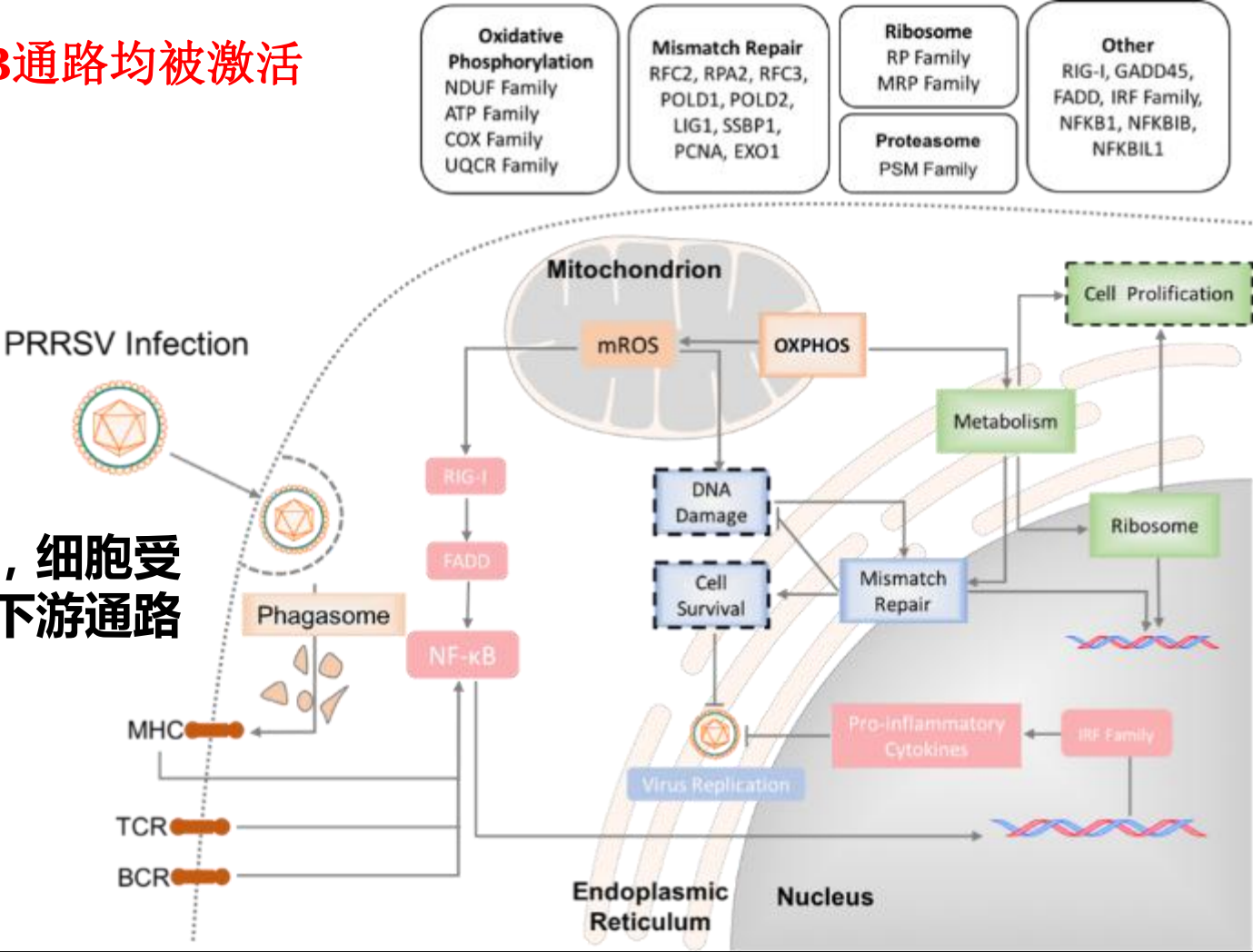


靶细胞及组织转录组测序

外周免疫器官——腹股沟淋巴结和脾脏转录组测序

通城猪中MHC-II类分子、T细胞受体、C3补体，及代谢通路中的大量基因表达量更高，细胞代谢、吞噬小体和NF- κ B通路均被激活

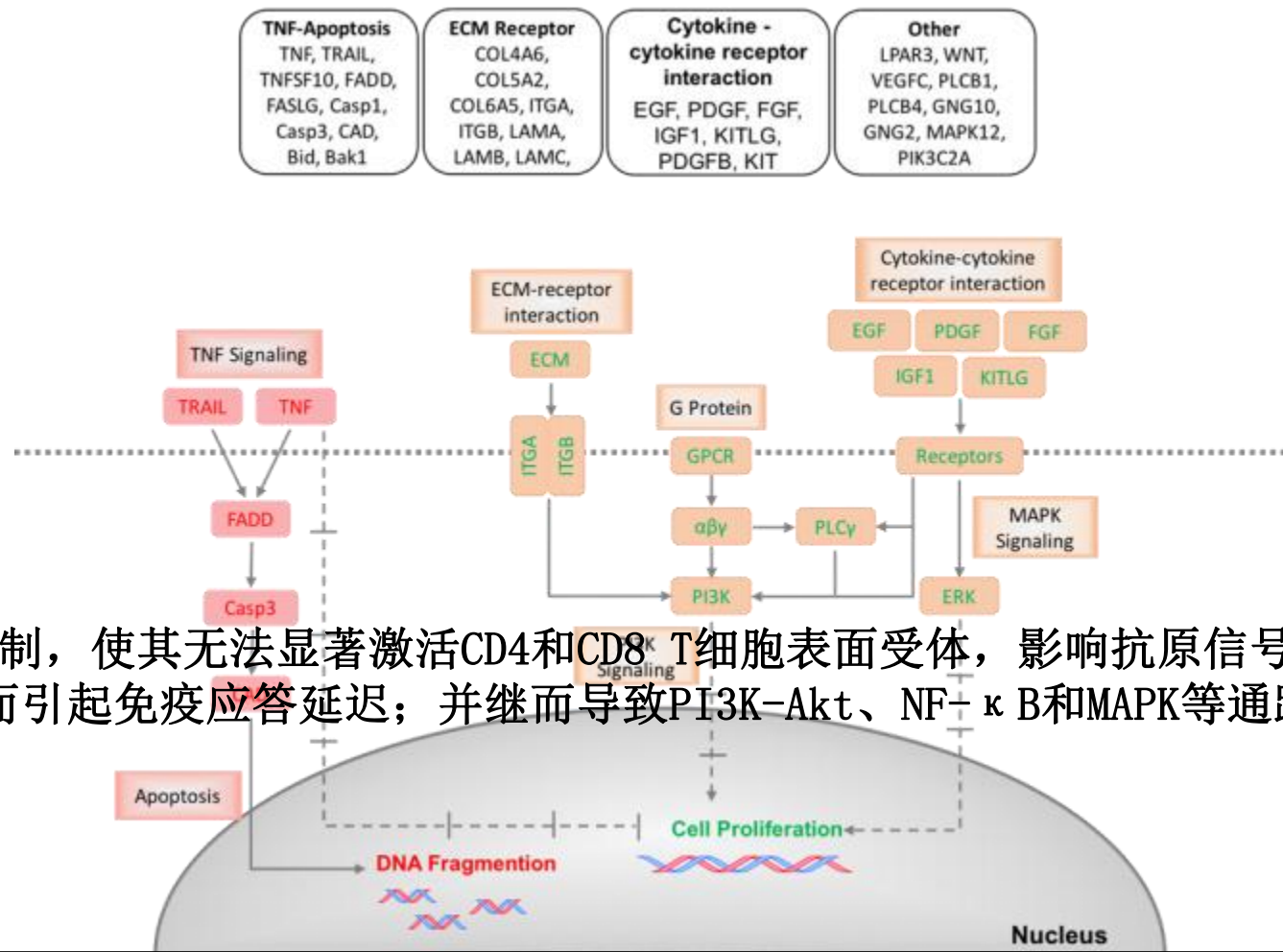
通城猪的腹股沟淋巴结中细胞代谢较强，细胞受体表达水平高，有利于识别抗原并激活下游通路



靶细胞及组织转录组测序

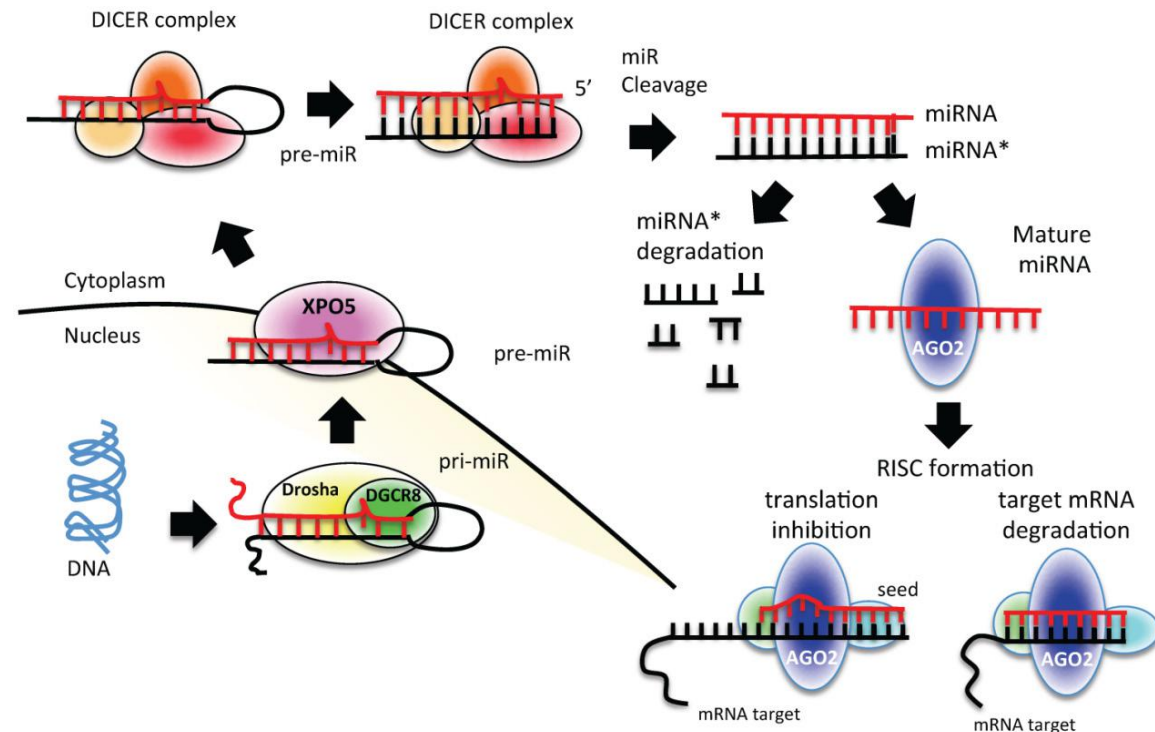
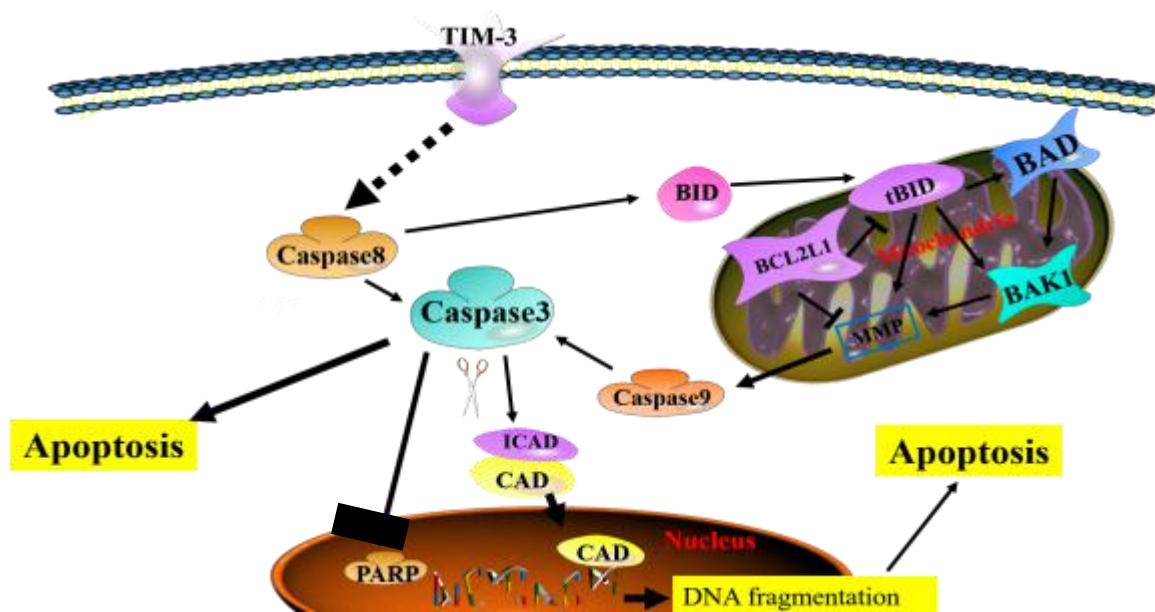
外周免疫器官——腹股沟淋巴结和脾脏转录组测序

大白猪下调基因更多，TNF- α 、PI3K-Akt、T细胞受体和NF- κ B等通路均被抑制



大白猪中MHC分子被抑制，使其无法显著激活CD4和CD8^T T细胞表面受体，影响抗原信号的有效呈递，导致宿主无法及时识别病毒而引起免疫应答延迟；并继而导致PI3K-Akt、NF- κ B和MAPK等通路未能有效发挥作用。

TIM-3 是细胞凋亡调控的重要因子

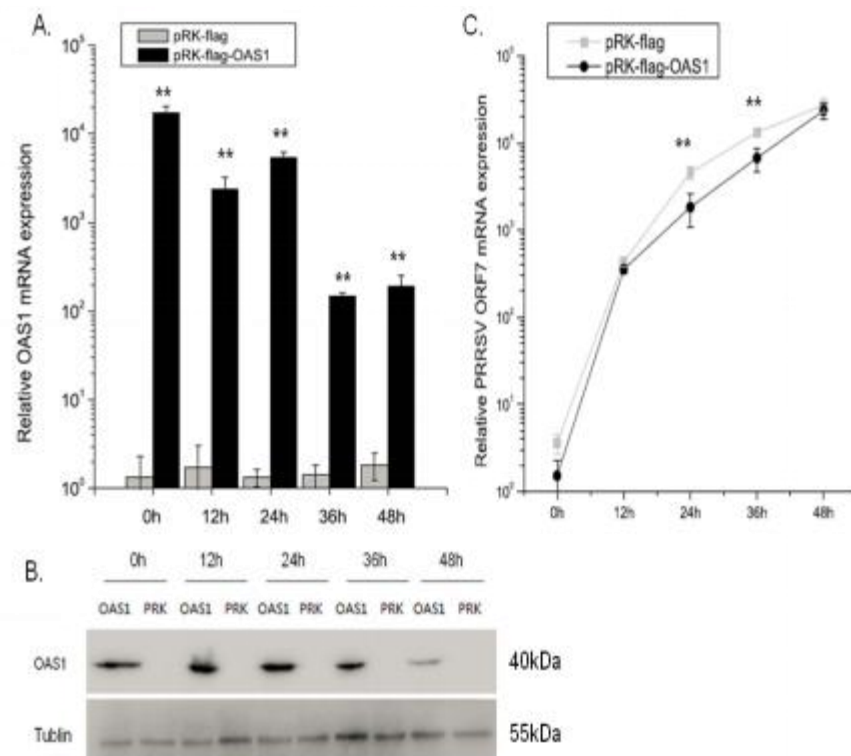


利用PRRSV感染后通城猪和大白猪的胸腺细胞进行细胞凋亡的检测，发现通城猪和大白猪的细胞凋亡水平存在差异，通城猪的促凋亡程度弱于大白猪。

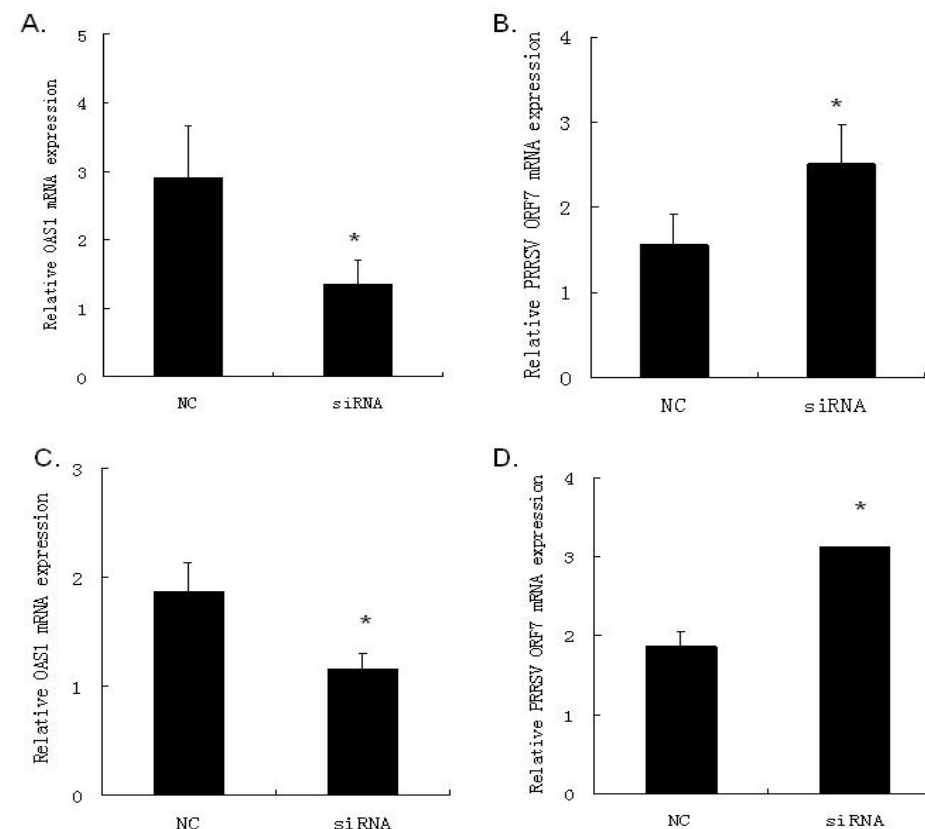
鉴定能促进细胞凋亡的关键基因 *TIM-3*，发现PRRSV感染后两品种间 *TIM-3* 存在差异表达。

发现 miR-145-5p 能与 *TIM-3* 靶向结合，并证实 *TIM-3* 受到 miR-145-5p 的调控，miR-145-5p 通过 *TIM-3* 能负调控细胞凋亡；发现PRRSV感染后通城猪和大白猪的 miR-145-5p 存在差异表达。

在体外细胞系中研究OAS1基因的抗PRRSV功能



过表达猪的OAS1基因抑制PRRSV增殖

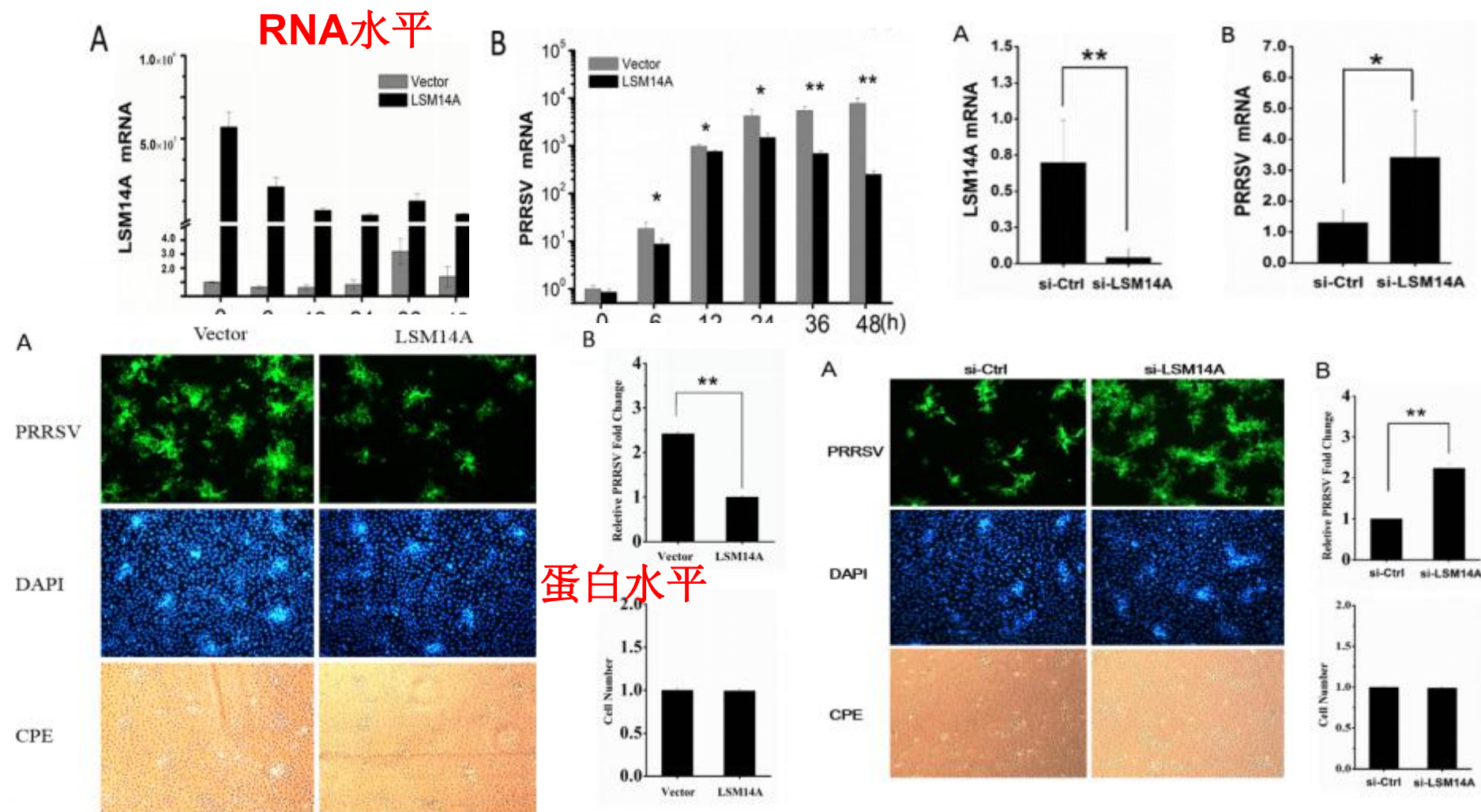


siRNA干扰OAS1基因促进PRRSV增殖

在Marc-145中研究LSM14A在PRRSV增殖中的功能

过表达LSM14A抑制PRRSV的复制

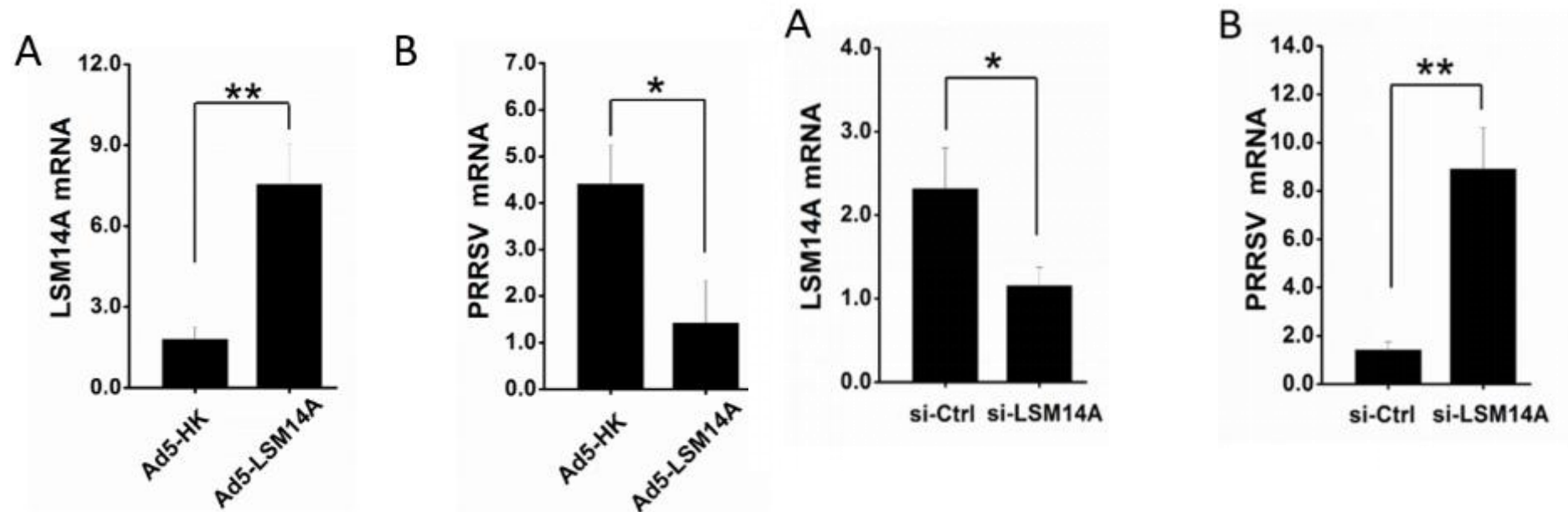
干扰LSM14A促进PRRSV复制



在PAMs中研究LSM14A在PRRSV复制中的功能

过表达LSM14A抑制PRRSV的增殖

干扰LSM14A促进PRRSV增殖



(1) 猪肺泡巨噬细胞是PRRSV感染的靶细胞，但是其转染效率很低，通过构建了腺病毒过表达载体感染的方法过表达了LSM14A基因

(2) 如图AB所示：过表达LSM14A基因后，LSM14A基因表达量显著上调，同时PRRSV病毒载量复制被抑制。

采用同样的方法研究了候选基因IFIT1、IFIT2、IFIT3、IFIT5、IFITM1、IFITM3、GBP1、GBP2、NLRC3、NLRX等10多个基因的抗病毒功能。

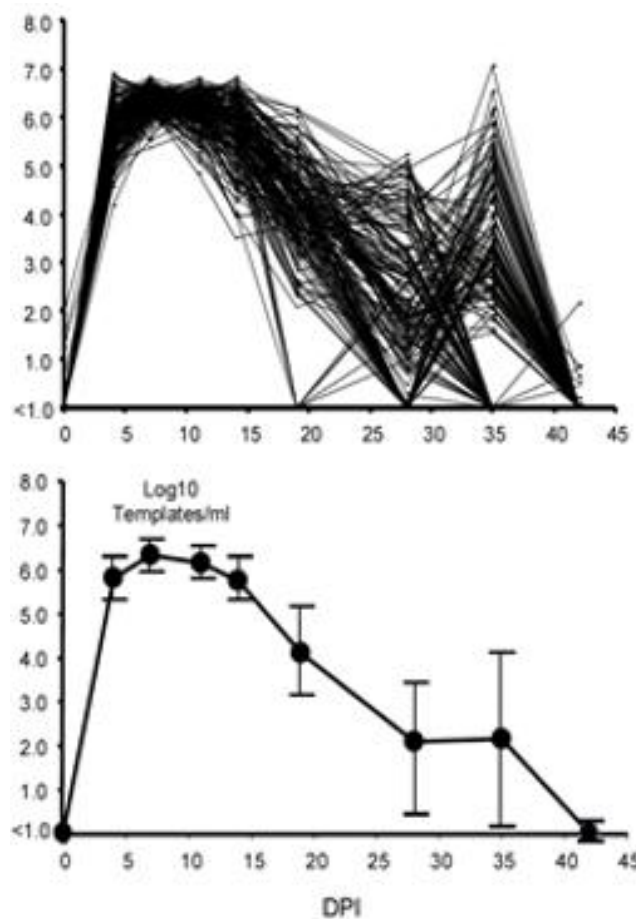


Mol Cell Biochem
DOI 10.1007/s11010-014-2251-8

LSM14A inhibits porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) replication by activating IFN- β signaling pathway in Marc-145

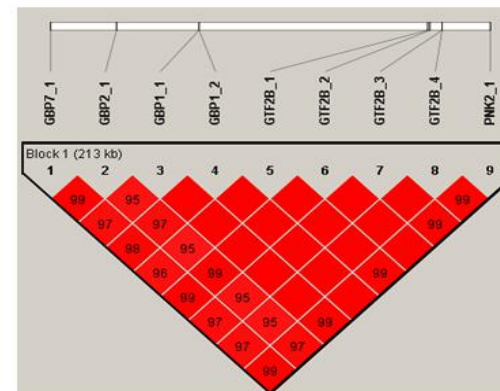
Zhenhong Li · Rui Chen · Jinhua Zhao ·
Ziyu Qi · Likai Ji · Yueran Zhen · Bang Liu

◆ 抗病基因在美国PHGC群体中的检测

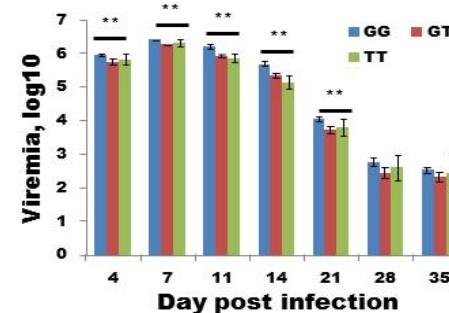


群体中的PRRSV病毒载量

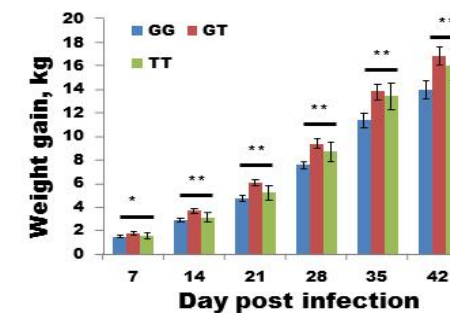
A



B



C



抗病候选基因标记的关联分析

通城猪抗蓝耳病相关研究工作发表SCI论文20篇（2017）

1. Zhou X, Michal JJ, Jiang Z, Liu B*. MicroRNA expression profiling in alveolar macrophages of indigenous Chinese Tongcheng pigs infected with PRRSV in vivo. *J Appl Genet.* 2017 Oct 2
2. Ji L, Zhou X, Liang W, Liu J, Liu B*. Porcine Interferon Stimulated Gene 12a Restricts Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus Replication in MARC-145 Cells. . *Int J Mol Sci.* 2017 Jul 25;18(8):1613.
3. Liang W, Ji L, Zhang Y, Zhen Y, Zhang Q, Xu X*, Liu B*. Transcriptome Differences in Porcine Alveolar Macrophages from Tongcheng and Large White Pigs in Response to Highly Pathogenic Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV) Infection. *Int J Mol Sci.* 2017 Jul 12;18(7). pii: E1475. doi: 10.3390/ijms18071475.
4. Wu Q, Xiang S, Wang W, Zhao J, Xia J, Zhen Y, Liu B*. Species Identification of Fox-, Mink-, Dog-, and Rabbit-Derived Ingredients by Multiplex PCR and Real-Time PCR Assay. *Appl Biochem Biotechnol.* 2017 Oct 25.
5. Yan M, Hou M, Liu J, Zhang S, Liu B*, Wu X, Liu G *.Regulation of iNOS-Derived ROS Generation by HSP90 and Cav-1 in Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus-Infected Swine Lung Injury. *Inflammation.* 2017 Aug; 40(4):1236-1244
6. Wang H, Li R, Zhou X, Xue L.,Xu X, Liu B*. Genome-Wide Analysis and Functional Characterization of the Polyadenylation Site in Pigs Using RNAseq Data. *Sci Rep.* 2016 Nov 4;6:36388
7. Zhao J, Feng N, Li Z, Wang P, Qi Z, Liang W, Zhou X, Xu X*, Liu B*. 2',5'-Oligoadenylate synthetase 1(OAS1) inhibits PRRSV replication in Marc-145 cells. *Antiviral Res.* 2016 Aug;132:268-73.
8. Liang W, Li Z, Wang P, Fan P, Zhang Y, Zhang Q, Wang Y, Xu X, Liu B*. Differences of immune responses between Tongcheng (Chinese local breed) and Large White pigs after artificial infection with highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Virus Res.* 2016, 215:84-93
9. Liu, J., Hou, M., Yan, M., Lü, X., Gu, W., Zhang, S., Gao, J., Liu, B., Wu, X. and Liu, G*. ICAM-1-dependent and ICAM-1-independent neutrophil lung infiltration by porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* . 2015, 309(3), pp.L226-L236.
10. Wang H, Wang C, Yang K, Liu J, Zhang Y, Wang Y, Xu X, Michal JJ, Jiang Z, Liu B*. Genome Wide Distributions and Functional Characterization of Copy Number Variations between Chinese and Western Pigs. *PLoS One.*2015,10(7): e0131522

11. Zhou X, Wang P, Michal JJ, Wang Y, Zhao J, Jiang Z, Liu B*. Molecular characterization of the porcine S100A6 gene and analysis of its expression in pigs infected with highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus (HP-PRRSV). *J Appl Genet.* 2015, 56(3):355-63.
12. Li Z, Chen R, Zhao J, Qi Z, Ji L, Zhen Y, Liu B*. LSM14A inhibits porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) replication by activating IFN- β signaling pathway in Marc-145. *Mol Cell Biochem.* 2015,399(1-2):247-256
13. Wang C, Wang H, Zhang Y, Tang Z, Li K, Liu B*. Genome-wide analysis reveals artificial selection on coat colour and reproductive traits in Chinese domestic pigs. *Mol Ecol Resour.* 2015,15(2):414-424.
14. Wang Y, Tang Z, Sun Y, Wang H, Wang C, Yu S, Liu J, Zhang Y, Fan B, Li K, Liu B*. Analysis of genome-wide copy number variations in Chinese indigenous and Western pig breeds by 60 k SNP genotyping arrays. *PLoS One.* 2014;9(9):1-9
15. Zhou X, Michal JJ, Zhang L, Ding B, Lunney JK, Liu B *, Jiang Z*. Interferon Induced IFIT Family Genes in Host Antiviral Defense. *Int J Biol Sci.* 2013;9(2):200-8.
16. Wang W, Tao C, Zhou P, Zhou X, Zhang Q, Liu B *. Molecular characterization, expression profiles of the porcine SDC2 and HSPG2 genes and their association with hematologic parameters. *Mol Biol Rep.* 2013,40(3):2549-56 .
17. Zhou X, Jiang T, Du X, Zhou P, Jiang Z, Michal JJ, Liu B *. Molecular characterization of porcine SARM1 and its role in regulating TLRs signaling during highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection in vivo. *Dev Comp Immunol.* 2013,39(1-2):117-126.
18. Tao Cong, Wang Weimin, Zhou Ping, Xia Tian, Zhou Xiang, Zhang Qingde, Liu B *. Molecular characterization, expression profiles, and association analysis with hematologic parameters of the porcine HPSE and HPSE2 genes. *J Appl Genetics* , 2013,54(1):71-7.
19. Fengli Wang, Haifang Qiu, Qingde Zhang, Zhongzhen Peng, Liu B *. Association of two porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) receptor genes, CD163 and SN with immune traits. *Mol Bio Rep.* 2012, 39(4):3971-6.
20. Zhou P, Zhai S, Zhou X, Lin P, Jiang T, Hu X, Jiang Y, Wu B, Zhang Q, Xu X, Li JP, Liu B *. Molecular characterization of transcriptome-wide interactions between highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus and porcine alveolar macrophages in vivo. *Int J Biol Sci.* 2011;7(7):947-59



中华人民共和国国家标准

GB/T 36189—2018

畜禽品种标准编制导则 猪

Directives for standard formulation of domestic animal breeds—Pig

2018-05-14 发布

2018-12-01 实施



国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

NY

中华人民共和国农业行业标准

NY/T XXX—XXXX

通城猪

Tongcheng pig

(报批稿)

XXXX--XX--XX发布
XXXX--XX--XX实施
中华人民共和国农业农村部 发布



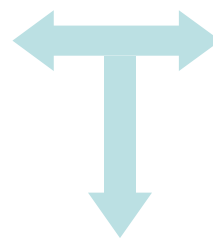
四、以通城猪为育种素材

培育鄂通两头乌新品种

以通城猪为素材的新品种培育



F_0



F_1



F_2

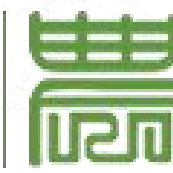


Colour patterns in F2



Colour patterns in F3 generation









F9种公猪



F9种母猪



鄂通两头乌与通城猪
肥育性能测定
屠宰测定
肉质性状测定

鄂通两头乌与通城猪胴体性状测定结果

鄂通两头乌与通城猪胴体性状（平均数±标准差）

指标	鄂通两头乌 (N=30)	通城猪 (N=29)	P值
宰前活重(kg)	86.57±7.76	84.07±6.24	0.18
胴体重(kg)	63.94±5.62	61.13±5.22	0.05*
屠宰率(%)	73.91±2.44	72.67±1.46	0.02*
胴体长(cm)	87.31±4.00	84.82±3.66	0.02*
平均背膘厚(mm)	35.09±5.59	38.43±5.39	0.02*
皮厚(mm)	3.96±0.58	4.45±0.67	0.00**
眼肌面积(cm ²)	25.14±2.24	21.16±2.67	0.00**

结果说明：与通城猪相比，鄂通两头乌的**屠宰率**、**胴体长**显著提高，**平均背膘厚**显著下降，**皮厚**极显著下降，**眼肌面积**极显著增加，鄂通两头乌的产肉性能在通城猪的基础上得到了很大程度的改善。

鄂通两头乌与通城猪胴体性状测定结果

鄂通两头乌与通城猪胴体剥离测定结果（平均数±标准差）

指标	鄂通两头乌 (N=26)	通城猪 (N=12)	P值
腿臀比例(%)	29.47±1.04	28.75±1.20	0.07
皮率(%)	10.38±1.56	12.12±1.32	0.00**
肥肉率(%)	31.58±4.69	34.98±3.34	0.03*
瘦肉率(%)	49.71±2.53	44.00±1.55	0.00**
骨率(%)	10.09±1.19	9.99±0.91	0.80

与通城猪相比，鄂通两头乌的**瘦肉率**极显著提高（**提高了5个百分点**）、**皮率**极显著下降，**肥肉率**显著下降。

鄂通两头乌与通城猪肉质性状测定结果

鄂通两头乌与通城猪肉质性状（平均数±标准差）

指标		鄂通两头乌 (N=30)	通城猪 (N=29)	P值
肉色评分(分)		3.58±0.53	3.43±0.46	0.24
大理石纹评分(分)		2.68±1.00	3.47±1.16	0.01**
pH ₁ 值		6.41±0.26	6.37±0.22	0.53
肌内脂肪 (%)		2.92±0.87	3.77±1.11	0.01**
嫩度(N)		50.23±12.72	52.89±13.75	0.48
肌肉色值	a	6.59±2.04	4.73±1.88	0.00**
	b	12.14±0.90	11.58±0.86	0.03*
	Y	9.99±2.27	10.71±1.39	0.18
失水率 (%)		6.02±4.79	5.53±2.06	0.65
系水力(%)		91.76±6.58	92.42±2.86	0.65
水分(%)		73.09±0.55	73.04±0.52	0.75

结果表明：大理石纹评分、肌内脂肪和肌肉色值在两品种间差异显著，其它性状差异不显著，说明鄂通两头乌基本保持了通城猪的优良肉质。

鄂通两头乌与通城猪脂肪酸测定结果

鄂通两头乌与通城猪背最长肌脂肪酸（平均数±标准差，%）

指标	简写	鄂通两头乌 (N=30)	通城猪 (N=29)	P值
肉豆蔻酸	C14:0	1.16±0.18	1.27±0.16	0.02 [*]
棕榈酸	C16:0	27.64±1.21	28.77±1.29	0.00 ^{**}
棕榈油酸	C16:1	3.29±0.70	3.59±0.82	0.14
硬脂酸	C18:0	11.50±1.38	11.78±1.26	0.41
油酸	C18:1n9c	42.44±4.44	43.08±2.40	0.50
亚油酸	C18:2n6c	11.36±4.44	8.93±2.36	0.01 ^{**}
二十一碳酸	C20:1	0.58±0.13	0.58±0.08	0.99
二十碳二烯酸	C20:2	0.49±0.61	0.37±0.11	0.34
二十碳三烯酸	C20:3n6	0.25±0.11	0.20±0.08	0.03 [*]
顺芥子酸	C22:1n9	0.31±0.19	0.22±0.15	0.05 [*]
二十三碳酸	C23:0	2.13±0.88	1.21±0.58	0.00 ^{**}
饱和脂肪酸	SFA	42.43±1.57	43.04±1.84	0.18
不饱和脂肪酸	UFA	58.70±5.76	56.96±1.84	0.13
单不饱和脂肪酸	MUFA	46.62±4.68	47.47±2.63	0.40
多不饱和脂肪酸	PUFA	12.08±4.72	9.50±2.50	0.01 ^{**}

表10 不同品种背最长肌脂肪酸含量比较

指标	品种	含量	参考文献
饱和脂肪酸	通城猪	43.04±1.84%	朱淑斌等，2013
	沙子岭猪	42.54%	
	八眉猪	42.05%	
	定远猪	47.26%	
	鄂通两头乌	42.43±1.57%	
	苏姜猪	43.81%	
不饱和脂肪酸	通城猪	56.96±1.84%	经荣斌，2012
	沙子岭猪	56.53%	李瑞丽等，2013
	定远猪	52.77%	

综上所述，鄂通两头乌和通城猪中饱和脂肪酸含量较低，不饱和脂肪酸含量较高，尤其是必需脂肪酸——亚油酸含量较高，说明鄂通两头乌和通城猪肉均具有较高的营养价值。

亚油酸	苏姜猪	50.64%	
	豫南黑猪	54.12%	
	通城猪	8.93±2.36%	
	鄂通两头乌	11.36±4.44%	
	苏姜猪	5.00%	
	杜长大	5.14%	

鄂通两头乌与通城猪氨基酸含量测定结果

表11 鄂通两头乌与通城猪背最长肌氨基酸含量（平均数±标准差，g/100g） g/100g）

指标	简写	鄂通两头乌 (N=30)	通城猪 (N=29)	P值
天冬氨酸 ²	Asp	2.03±0.18	2.00±0.12	0.43
苏氨酸 ¹	Thr	1.25±0.27	1.23±0.31	0.75
丝氨酸	Ser	0.82±0.18	0.84±0.05	0.58
谷氨酸 ²	Glu	2.72±0.27	2.69±0.32	0.66
甘氨酸 ²	Gly	0.93±0.08	0.90±0.06	0.14
丙氨酸 ²	Ala	1.25±0.13	1.22±0.08	0.34
胱氨酸	Cys	0.18±0.09	0.17±0.08	0.74
缬氨酸 ¹	Val	1.03±0.20	1.01±0.20	0.82
蛋氨酸 ¹	Met	0.13±0.09	0.14±0.12	0.68
结果表明：16种氨基酸及各类氨基酸含量在鄂通两头乌和通城猪间差异均不显著，因此，两个品种背最长肌中鲜味氨基酸对肉风味的贡献大小一致，蛋白质营养价值相当。				
苯丙氨酸 ¹	Phe	1.01±0.14	0.99±0.13	0.55
赖氨酸 ¹	Lys	2.34±0.29	2.25±0.24	0.20
组氨酸	His	1.13±0.13	1.08±0.11	0.08
精氨酸	Arg	1.37±0.11	1.34±0.09	0.40
氨基酸总量	TAA	19.81±1.78	19.42±1.31	0.34
必需氨基酸	EAA	8.68±1.08	8.47±0.98	0.44
鲜味氨基酸	FAA	6.92±0.59	6.80±0.46	0.39
必需氨基酸占比(%)	EAA/TAA	43.73±2.46	43.55±2.69	0.79
鲜味氨基酸占比(%)	FAA/TAA	35.02±2.13	35.11±2.54	0.87

注：上角标1的为必需氨基酸，上角标2的为鲜味氨基酸。

表12 不同品种背最长肌氨基酸含量比较

指标	品种	含量	参考文献
氨基酸总量	通城猪	19.42±1.31g/100g	朱淑斌等，2013
	陆川猪	17.89g/100g	
	玉山黑猪	19.16g/100g	
	鄂通两头乌	19.81±1.78g/100g	
	苏姜猪	15.83g/100g	
必需氨基酸占比	通城猪	43.55±2.69%	郭建凤等，2016
	赣东黑猪	40.24%	
	鄂通两头乌	43.73±2.46%	周选武等，2016
	长白猪×莱芜猪杂交后代	39.93%	
谷氨酸含量	通城猪	2.69±0.32	周选武等，2016
	陆川猪	2.28g/100g	
	鄂通两头乌	2.72±0.27g/100g	
	苏姜猪	0.98g/100g	
鲜味氨基酸总量	通城猪	6.80±0.46g/100g	
	陆川猪	5.93g/100g	
	鄂通两头乌	6.92±0.59g/100g	
	苏姜猪	3.77g/100g	

鄂通两头乌和通城猪猪肉中氨基酸含量丰富，尤其是必需氨基酸和鲜味氨基酸

鄂通两头乌与通城猪硫胺素测定结果

表13 鄂通两头乌与通城猪背最长肌硫胺素含量（平均数±标准差，mg/100g）

指标	鄂通两头乌 (n=30)	通城猪 (n=29)	P值
硫胺素	0.25±0.05	0.23±0.05	0.04*

表14 其它品种背最长肌硫胺素含量（平均数±标准差，mg/100g）

品种	硫胺素含量	参考文献
川藏黑猪	0.17mg/100g	顾以韧等，2015
杜长大猪	0.13mg/100g	顾以韧等，2015

鄂通两头乌和通城猪背最长肌中**硫胺素含量较丰富**，且鄂通两头乌的硫胺素含量显著高于通城猪，这可能是其肉香味美的重要物质基础。

鄂通两头乌与通城猪肌苷酸测定结果

表15 鄂通两头乌与通城猪背最长肌肌苷酸含量（平均数±标准差，mg/g）

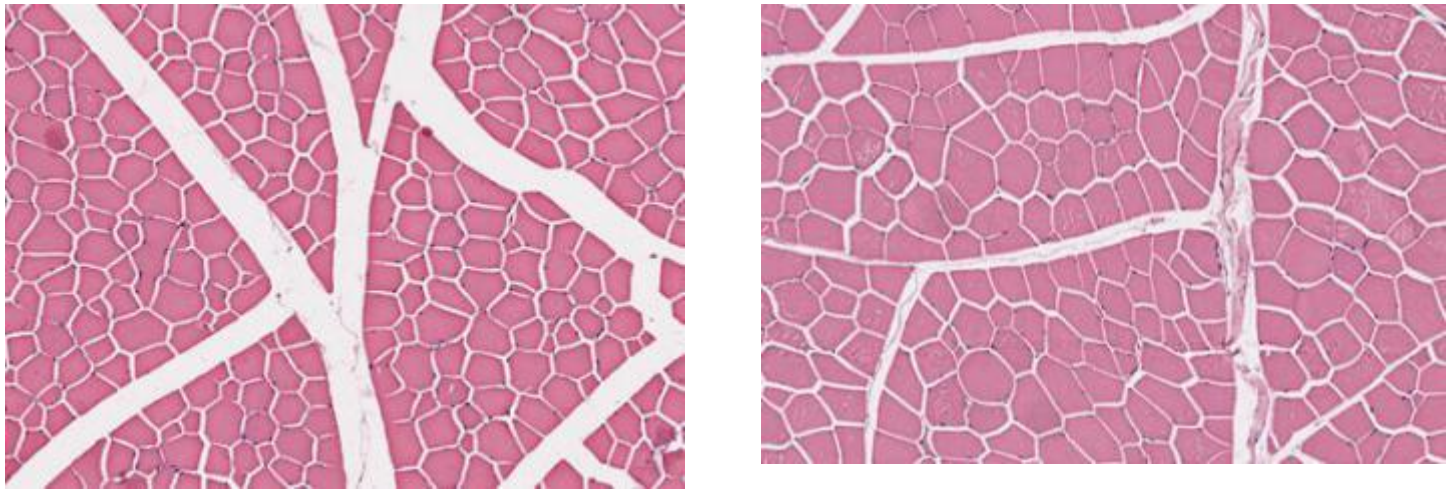
指标	鄂通两头乌 (n=30)	通城猪 (n=29)	P值
肌苷酸	3.20±0.56	3.23±0.67	0.88

表16 其它品种背最长肌肌苷酸含量（平均数±标准差，mg/g）

品种	肌苷酸含量	参考文献
长白猪	2.39±0.20mg/g	呼红梅等，2011
鲁烟白猪	2.31±0.70mg/g	呼红梅等，2011
杜长大猪	1.09 mg/g~1.36 mg/g	袁亚利等，2011

鄂通两头乌和通城猪的肌苷酸含量较丰富，且两品种差异不显著

通城猪和鄂通两头乌之间肌纤维数测定结果



性状 Trait	鄂通两头乌（n=28）	通城猪(n=27)	P_Value
周长 L(μm)	164.57 ± 52.50	158.07 ± 51.46	5.603E-11
面积 S(μm²)	1804.75 ± 1043.13	1683.91 ± 1009.96	6.515E-10
长径 DL(μm)	57.09 ± 19.70	54.99 ± 19.67	2.127E-08
短径 DS(μm)	38.45 ± 13.48	36.59 ± 13.31	3.431E-13

注：L:代表单根肌纤维的周长；s代表单根肌纤维的面积；DL代表单根肌纤维的长径；DS:代表单根肌纤维的短径

鄂通两头乌抗病性

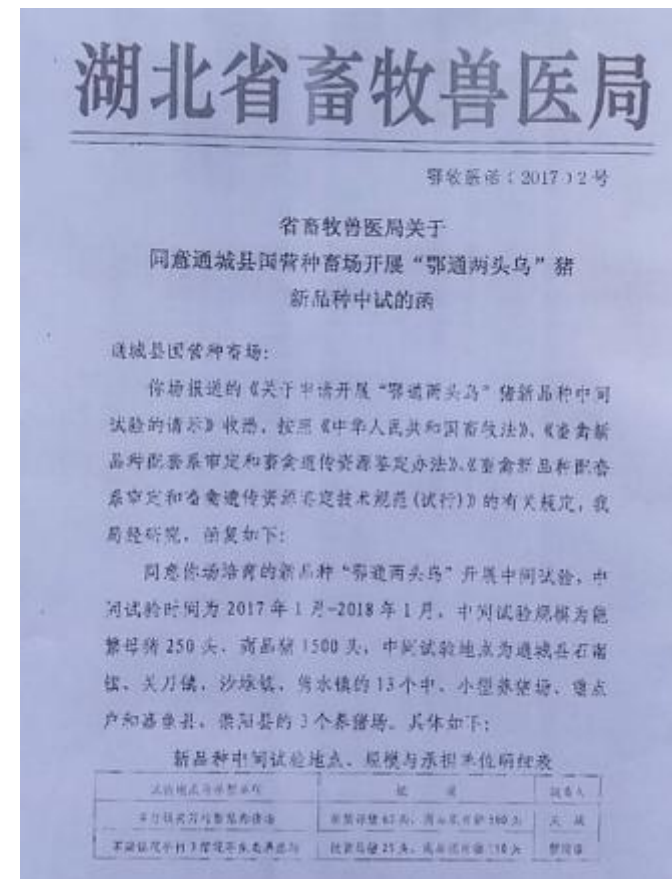


感染后



抗过后

- 2017年已经由湖北省畜牧局批准进行新品种的中试
- 目前正在品种审定前的准备工作
- 新品种定位：优质抗病母系
- 杂交试验：与杜洛克杂交、巴克夏杂交后代为黑色，能满足我国对黑猪的市场需求









致谢

通城县畜牧局，通城县云志猪场

项目资助 国家自然科学基金重大国际合作研究项目（31210103917）
国家科技支撑计划（2015BAD03B02）



谢谢大家!

