



# 全基因组选择技术（GS）在 地方猪育种的应用

**刘 娣**

国家生猪产业体系岗位科学家

黑龙江省现代农业产业技术协同创新推广体系首席科学家

黑龙江省农业科学院党组书记/院长

# 目录

## CONTENTS

**01**

**全基因组选择技术(GS)**

**02**

**GS技术在生猪育种的应用情况**




**03**

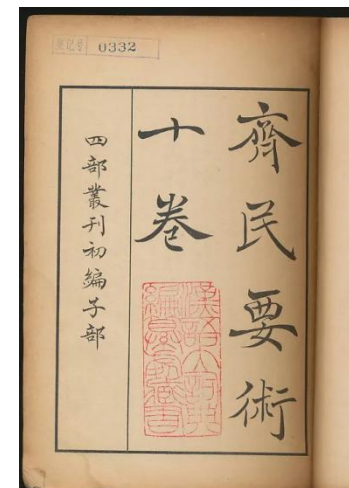
**GS技术在地方猪育种的应用情况**

# PART ONE

# 全基因组选择技术 (GS)

# 育种技术发展历程

猪育种发展阶段	遗传进展速度
<p>1) 表型选择</p> <p>殷商时期 韦豕 相猪专家 《齐民要术》等记载选猪经验</p>	 <p>马车</p>
<p>2) 选择指数/BLUP</p> <p>传统育种，利用系谱信息</p>	 <p>汽车</p>
<p>3) 分子育种/全基因组选择</p> <p>利用全基因组信息</p>	 <p>高铁</p>

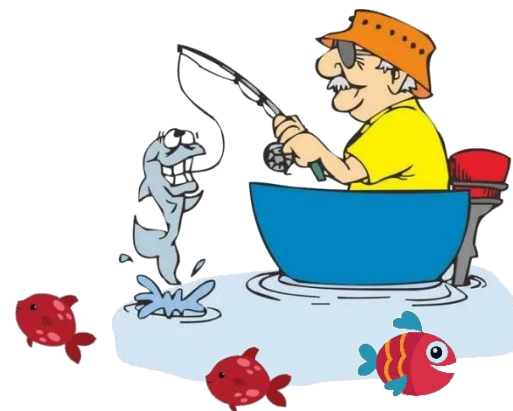


} 分子育种

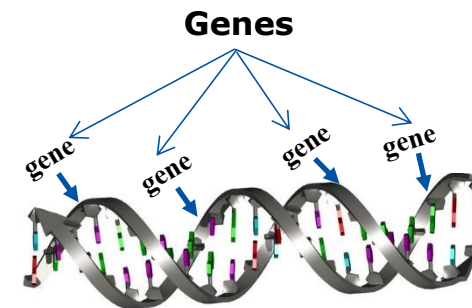


# 全基因组选择技术 ( Genomic selection )

- 全基因组选择的思想最早由Meuwissen教授等于2001年提出
- 通俗讲就是全基因组范围内的标记辅助选择

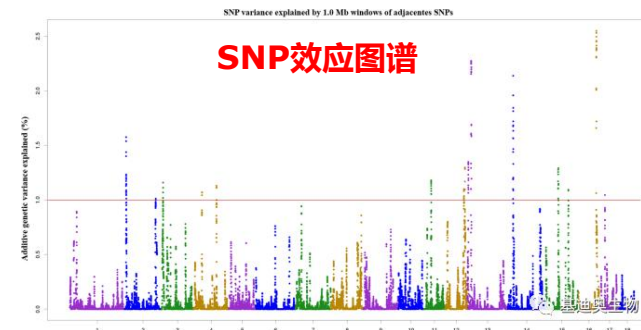
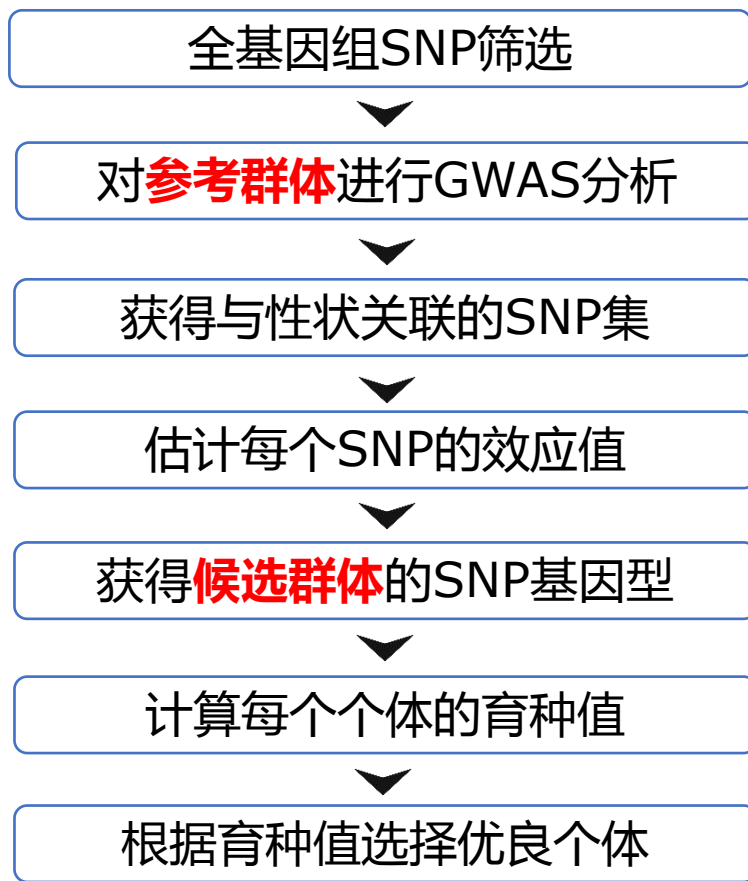


早期-单个或几个基因

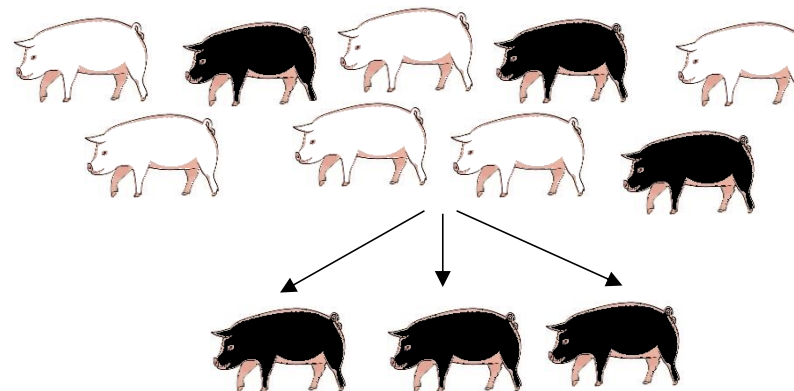


目前-全基因组

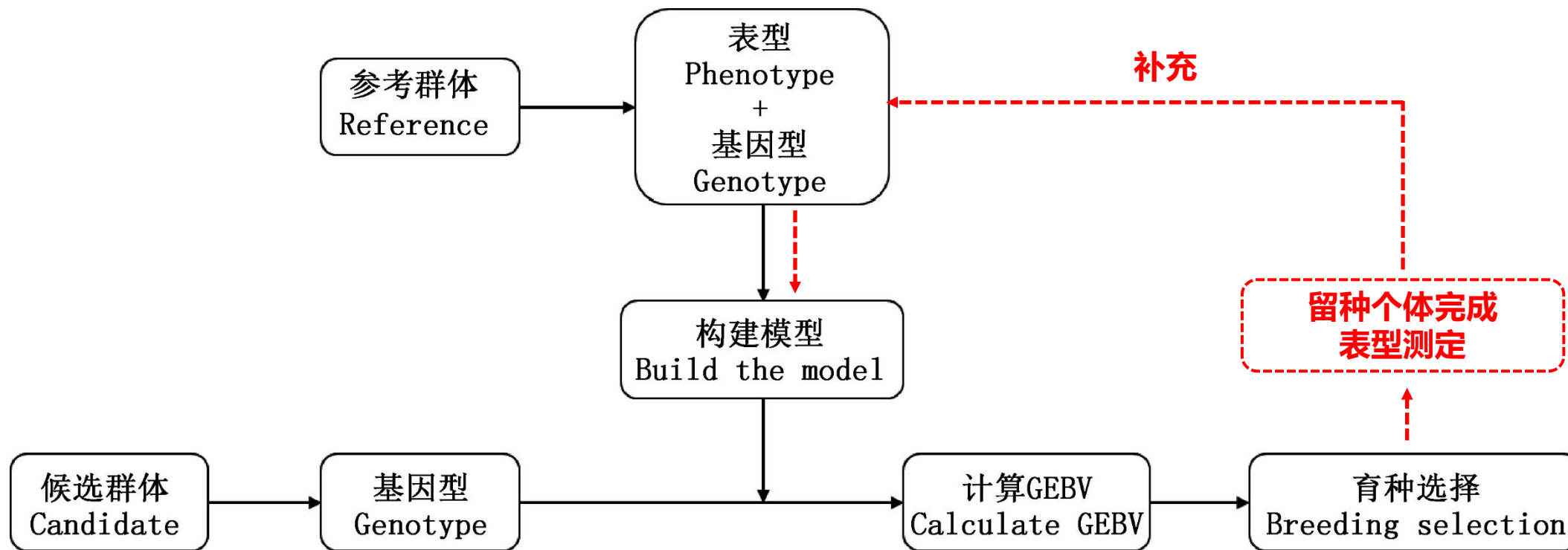
# 全基因组选择技术路线-技术层面



	SNP1	SNP2	SNP3	.....	SNP N
个体1	0	1	1	.....	0
个体2	2	0	0	.....	1
个体3	1	1	1	.....	0



# 全基因组选择技术路线-应用层面



# 全基因组选择技术的三个关键点

## 一、参考群体

- 参考群体达**8000**头时，选择准确性与BLUP相当。
- 随着个体数量增加，全基因组选择的准确性也会逐步提高。
- 当针对某一性状选择时，需建立一个超过8000头个体的参考群体。

参考群体的建立对全基因组选择至关重要，是开展该技术选育的前提条件。

## 二、SNP分型技术

- 基因芯片技术，分低密度芯片和高密度芯片两种。
- 全基因组测序。

## 三、统计模型算法

- 有难度，需要专业人士。

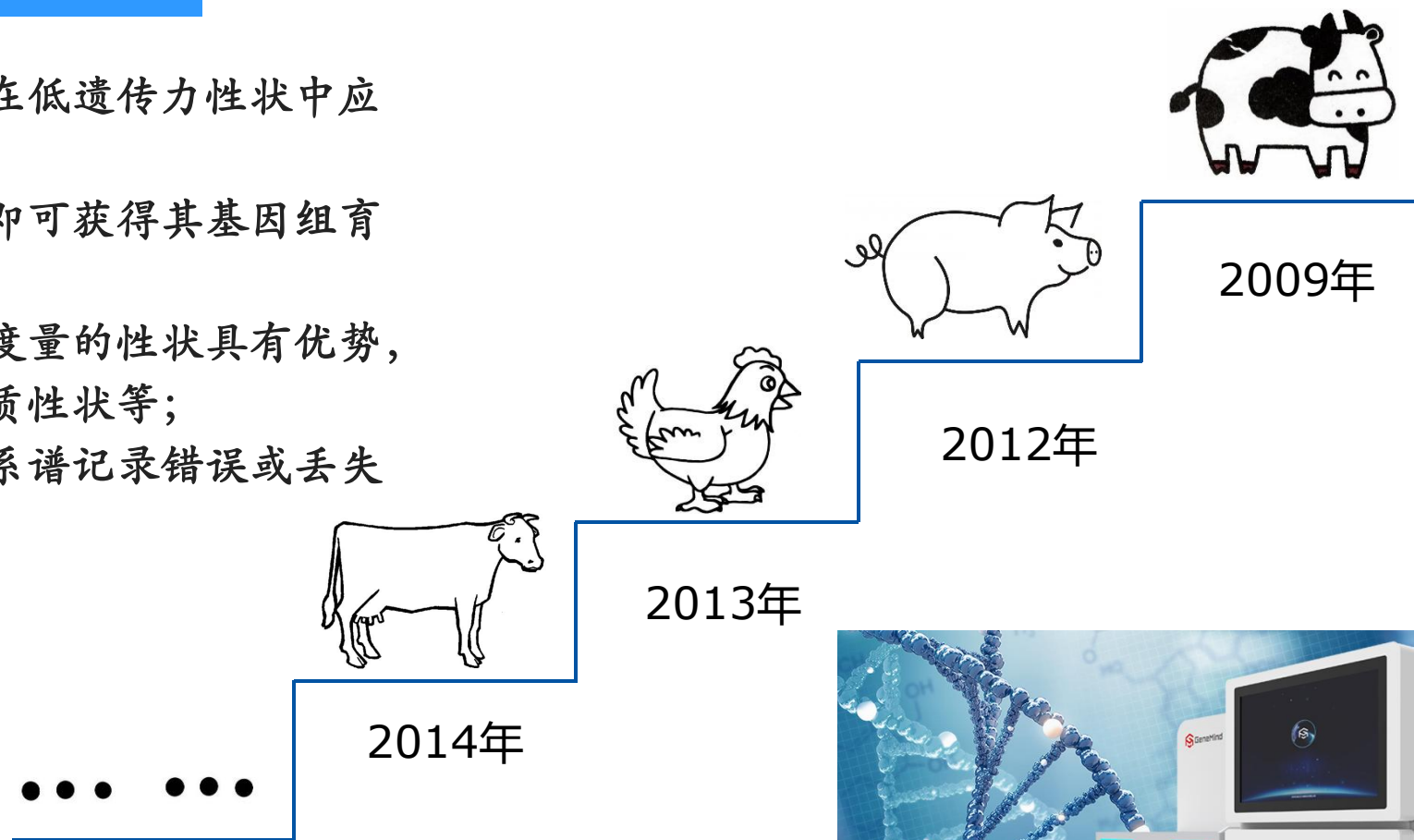




# 动物育种已进入基因组选择时代

## 全基因组选择在猪育种中的优势

- ◆ 提高种猪选择准确性，特别是在低遗传力性状中应用效果更明显；
- ◆ 实现早期选择，在仔猪断奶前即可获得其基因组育种值；
- ◆ 对测定成本高或生命末期才可度量的性状具有优势，如饲料转化率、屠体性状、肉质性状等；
- ◆ 不依赖系谱记录，避免了由于系谱记录错误或丢失的问题。



# PART TWO

## GS技术在生猪育种的应用情况



# 全国生猪遗传改良计划（2021年-2035年）

## 总体目标

- 到2035年，建成完善的商业化育种体系，自主创新能力大幅提升，核心种源自给率保持在95%以上；
- 瘦肉型品种生产性能达到国际先进水平，保障更高水平的良种供给；
- 以地方猪遗传资源为素材培育的特色品种能充分满足多元化市场消费需求；
- 种源生物安全水平显著提高；
- 形成“华系”种猪品牌，培育具有国际竞争力的种猪企业3-5个。

## 核心指标

- 30-120千克日增重年均进展1%以上，达120千克体重日龄160天以下。
- 母系品种总产仔数年均进展0.2头，母猪年产断奶仔猪数达32头以上。
- 30-120千克饲料转化率达到2.45:1。
- 地方品种及其培育品种可参照上述指标设定改良目标。

# 全国生猪遗传改良计划（2021年-2035年）

## 技术路线

（一）**瘦肉型品种**。以杜洛克猪、长白猪与大白猪等为基础创制育种素材，综合考虑不同目标性状之间的关系，优化综合选择指数，应用表型智能化精准测定技术和**全基因组选择**等育种新技术，实现种猪性能的持续改良。

（二）**培育品种**。以地方品种与引进品种为育种素材，培育优质、高效新品种和配套系，满足市场对优质猪肉的需求。

（三）**地方品种**。对肉质好、抗逆性强等特色优势明显的地方猪品种通过本品种选育培育专门化新品系。



# 国外案例-丹育公司（丹麦）



丹育杜洛克



丹育大白



丹育长白

丹育Bogildgard测定站公猪,2022

性状	杜洛克	长白猪	大白猪
日增重 (30kg-屠宰)	1271	1129	1105
料肉比 30kg-屠宰	1.82	1.93	1.90
瘦肉率 (%)	63.0	65.3	63.5
体型 (分数)	2.89	2.98	3.09
屠宰损失	25.94	26.41	26.77
背膘厚 (mm)	5.9	5.3	5.8
测试体重 (kg)	101.5	104.3	102.5

丹育核心群公猪, 2022

性状	杜洛克	长白猪	大白猪
日增重 (30kg-屠宰)	1338	1166	1139
日增重 (出生-30kg)	396	375	357
瘦肉率	62.19	64.76	63.02
体型 (分数)	2.92	2.96	3.06
背膘厚 (mm)	6.8	6.1	6.8
测试体重 (kg)	101.1	103.5	102.9

丹育后备母猪核心群,2022

性状	杜洛克	长白猪	大白猪
日增重 g/天 30kg-屠宰	1229	1099	1104
日增重 g/天 出生-30kg	397	375	361
瘦肉率	62.6	64.94	62.74
体型 (分数)	3.00	3.11	3.14
背膘厚 (mm)	6.2	6.0	7.4
测试体重 (kg)	101.1	100.6	100.0

# 丹育长白猪、大白猪的育种目标

## 生产力 Productivity

日增重 ( 出生-30kg )  
日增重 ( 30kg-屠宰 )  
料肉比  
屠宰损失  
瘦肉率

**60%**

## 稳健性 Robustness

存活率 ( piglet effect )  
仔猪活力 ( direct effect )  
体型外貌  
母猪使用寿命

**34%**

## 繁殖 Reproduction

窝产仔数 ( direct effect )

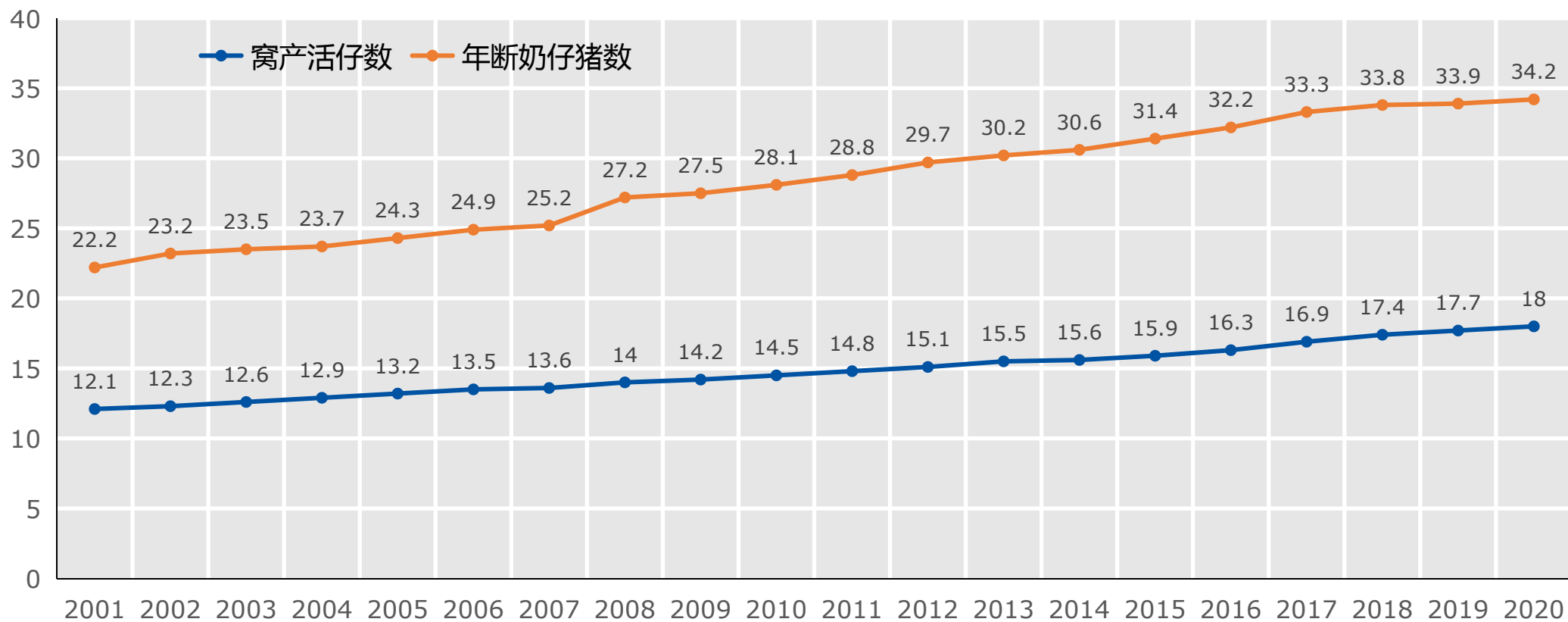
**6%**



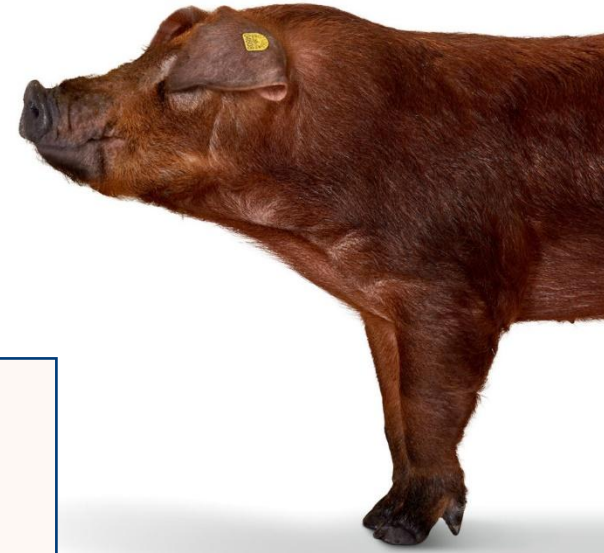
酸肉基因 ( RN ) 和氟烷基基因 ( Hal ) 已经在丹育种猪中清除, 因此pH性状不再列入育种目标。



# 丹麦繁殖成绩进展 ( 2001-2020 )



# 丹育杜洛克猪的育种目标



## 生产力 Productivity

日增重 ( 出生-30kg )

日增重 ( 30kg-屠宰 )

料肉比

屠宰损失

瘦肉率

**80%**

## 稳健性 Robustness

存活率 ( piglet effect )

体型外貌

公猪使用寿命

**20%**





# 丹育种猪高生产水平的基础

- 良好的职业教育体系

- 有效的合作体系

  - 主要食品企业为农民合作社

  - 知识和经验共享、行业内合作而非竞争

  - 价值链的利润分给成员

- 健全的猪场咨询服务

  - 合作社体系和有关公司提供生产咨询、营养咨询、兽医服务

- 重视研究和创新，与大学及研究所合作密切

- **持之以恒的高效育种**

来自 苏国生 ( 2023年 领育•中国猪业高效种猪发展大会 )

丹麦奥尔胡斯大学(Aarhus University)数量遗传和基因组学研究中心教授



## 核心育种群— 群体规模大

丹育核心群母猪的存栏头数：

丹育长白猪	>2200头母猪
丹育大白猪	>2200头母猪
丹麦杜洛克	大约1800头母猪



大白猪和长白猪核心场都有核心群和扩繁群，  
平均比例大约为核心群：扩繁群=1:2



# 性能测定 — 数量大质量高

- 丹育每年**10万多头**猪进行生长性能测定
- 7500头公猪（每个品种2500头）测定站测定，其它猪在猪场内测定
- **百分百基因型测定**

## 测定站

测定性状
日增重 ( 30-100kg )
瘦肉率%
采食量 ( 料肉比 )
体型
屠宰损失率

## 猪场测定

测定性状
日增重 ( 0-30kg )
日增重 ( 30-100kg )
瘦肉率%
采食量
体型
屠宰损失率
5日龄窝仔数
使用寿命 ( 母系猪 )



## 育种值估计— 准确无偏

- 庞大的表型数据和完整准确的系谱（所有留种个体都通过亲子鉴定）
- 大量的基因型数据（生产性能测定猪100%基因型测定）
- **2010年开始采用全基因组选择**（2010杜洛克，2011长白和大白）
- 多性状一步法模型

多性状 利用相关性状的信息

一步法 有效整合所有表型、系谱和基因型的信息。

**育种的终极目标**



**准确无偏的育种值估计**



# 国内种猪场应用模式

- 龙头企业：自有研发团队+高校技术支撑  
温氏 史记生物 广西扬翔 等
- 核心场：高校/研究所技术支撑+芯片公司
- 一般猪场：芯片公司



# 国内种猪场应用情况

以芯片（固相芯片、液相芯片）为主，辅以基因组重测序。

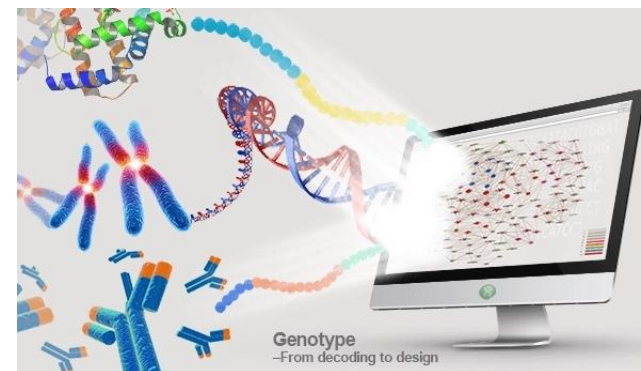


康普森（主打固相芯片）

博瑞迪（主打液相芯片）

# GS技术存在的问题

- 一、加快构建复杂性状测定技术平台。
- 二、性状采集方式方法亟待更新。
- 三、技术应用与生产还需持续磨合。
- 四、基因分型成本及效率需持续改进。



# PART THREE

## GS技术在地方猪育种 的应用情况





# 我国宝贵、丰富的地方猪资源

83个



**优势：**繁殖力高、抗逆性强、肉质好、性情温顺、能大量利用青粗饲料。

**劣势：**生长缓慢、屠宰率低、背膘厚、胴体中瘦肉少而肥肉多。



# 地方猪育种面临的难题

## 地方猪育种二大方向：

本品种选育

与其它猪种杂交选育

## 地方猪育种面临的难题：

1、群体小

2、育种体系不够完善

3、新技术的应用滞后

4、测定基础薄弱

5、育种投入少

6、专业技术人员少



# 本团队利用GS技术在民猪保护利用方面开展的工作

## 民猪

原称东北民猪，东北地区唯一国家级保护猪种。世界著名优质猪种之一。



**好生** - 繁殖性好  
产仔数多

**好养** - 抗寒抗病  
耐粗饲

**好吃** - 肉质好  
细嫩鲜香

**劣势** - 瘦肉率低  
生长慢  
饲料报酬率低

30年代  
总数  
850万头

80年代  
引进国外猪种  
母猪锐减至2万头

本世纪初  
母猪  
900余头

大民猪 **已灭绝**

二民猪 **濒危**

荷包猪 **濒临灭绝**



1家  
兰西国家级保种场

- 农科院民猪保种一场
- 农科院民猪保种二场
- 农科院-玉泉山保种场
- 农科院-伊春民猪保种场
- 农科院-宝宇民猪育种场
- 农科院-信诚民猪育种场

增建6家



农科院民猪保种一场



农科院民猪保种二场



农科院-伊春民猪保种场



农科院-玉泉山民猪保种场



农科院-宝宇民猪育种场



农科院-信诚民猪育种场

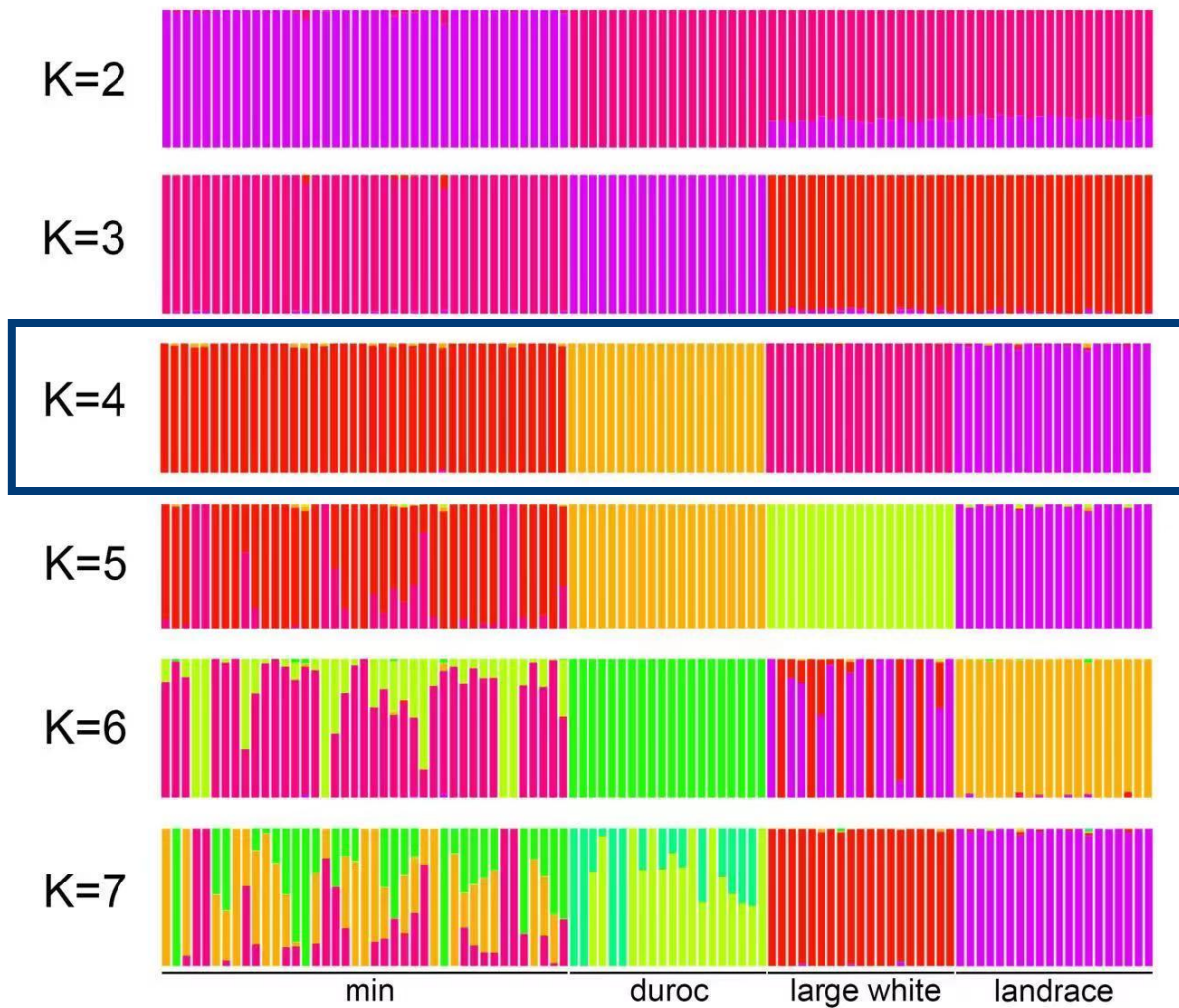
由兰西200头民猪保种群增建6家民猪保种育种场，发展到纯种民猪2200头（母猪1900头，公猪300头）选育新品系母猪8700头，公猪620头。使民猪种群解除濒危状态。

# 民猪纯度鉴定



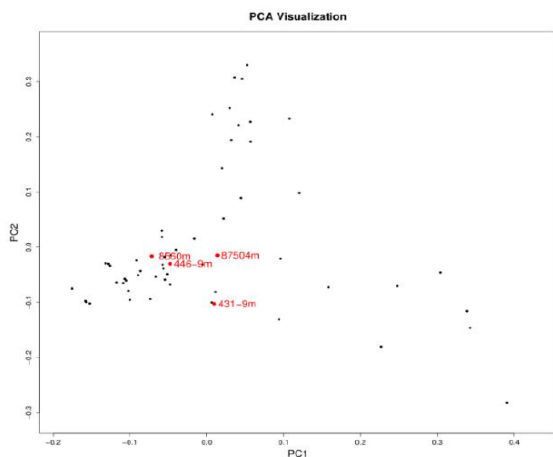
收集地点分布图

内蒙古东部、黑吉辽全境  
四个省区、50多个市县、300多个乡镇

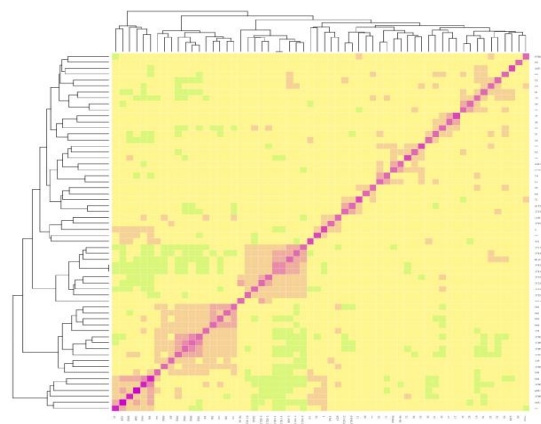


“中芯一号” 芯片

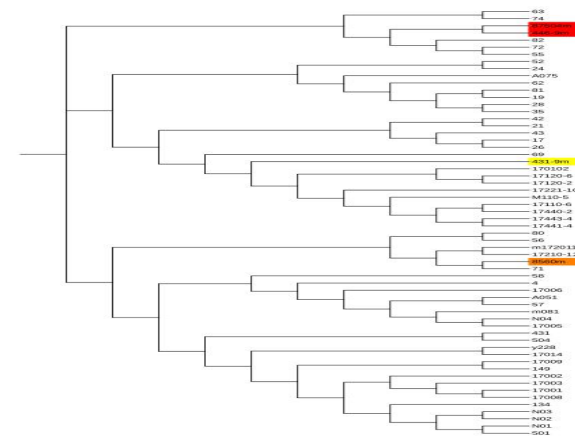
# 民猪育种群的建立



公猪血统划分



基于G矩阵的基因组亲缘关系分析



个体聚类分析

家系 A	公猪 (2 头)	87504m	446-9m				
	母猪 (6 头)	72	55	82	63	17210-12	74
家系 B	公猪 (1 头)	8560m					
	母猪 (3 头)	71	24	28			
家系 C	公猪 (1 头)	431-9m					
	母猪 (2 头)	17120-6	17120-2				
其他	母猪 (45 头)	134	149	17	17001	17002	17003
		17005	17006	17008	17009	170102	17014
		17110-6	17221-10	17440-2	17441-4	17443-4	19
		21	26	35	4	42	43
		431	501	504	52	56	57
		58	62	69	80	81	A051
		A075	m081	M110-5	m1720110	N01	N02
		N03	N04	y228			

利用“中芯一号”芯片，准确划分公猪血统、鉴定群体亲缘关系，建设育种基础群。

# 巴民猪芯片的研制

## 育种素材筛选



14年  
6个世代

10年  
5个世代

9年  
5个世代

## 专门化品系培育

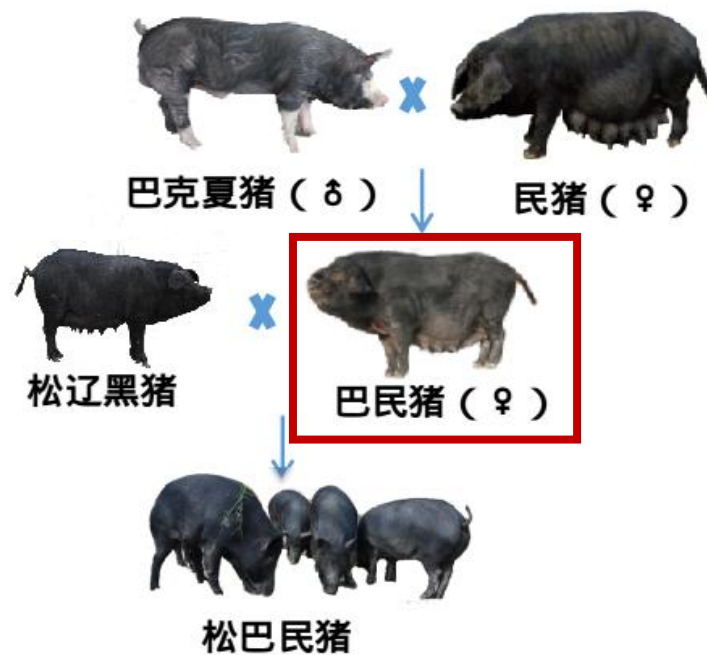
民猪专门化品系  
(高繁殖力、高肉质)

巴克夏猪专门化品系  
(高瘦肉率、高肉质)

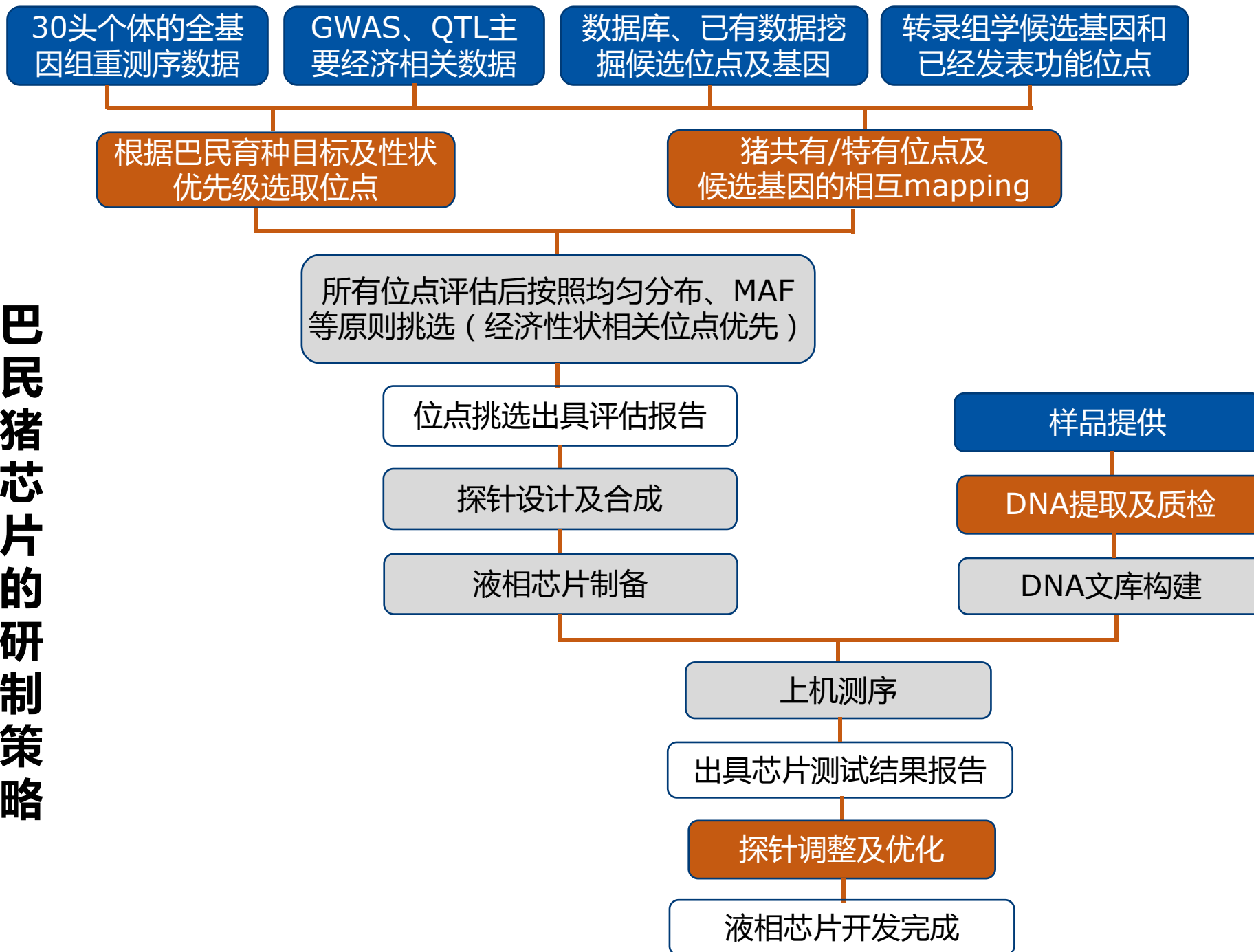
松辽黑猪专门化品系  
(高增长速度、高肉质)

6个  
杂交组合的  
配合力  
筛选

## 最优配套



# 巴民猪芯片的研制策略

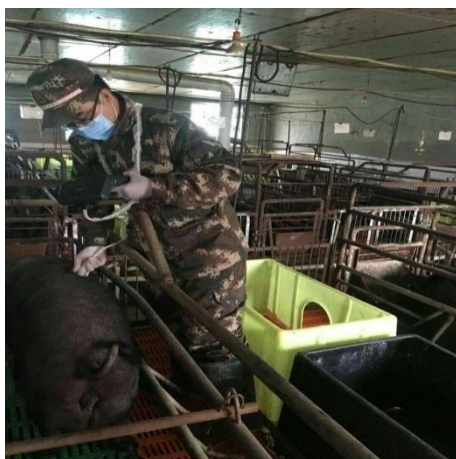


- 需本团队完成
- 公司完成
- 双方协商



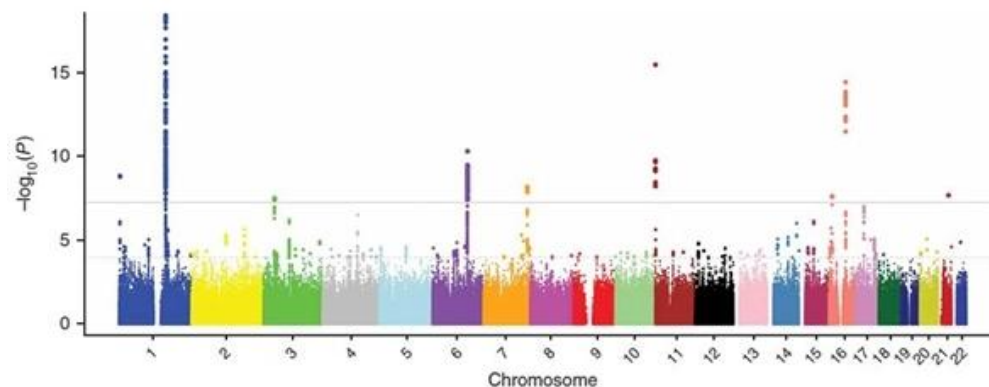
# 巴民猪芯片的研制

30头巴民猪的低密度重测序 (~0.8X) 数据 (公司完成) + 445头个体GWAS分析数据 (团队完成)

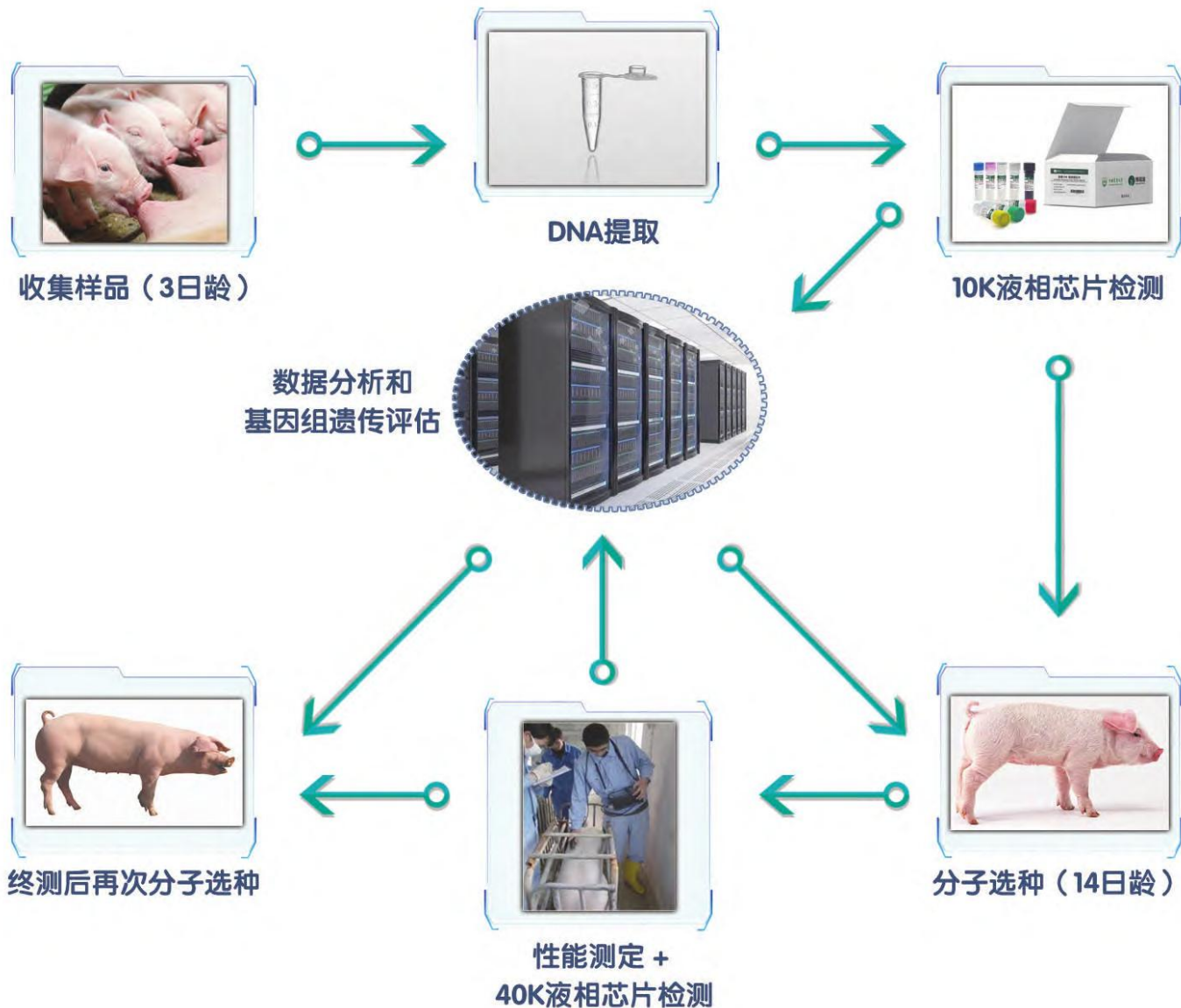


胴体性状					肉质性状				肉色		
胴体重 (kg)	直长 (cm)	斜长 (cm)	皮厚 (mm)	肋骨数 (个)	PH	背膘厚 (mm)	眼肌面积 (cm <sup>2</sup> )	活体瘦肉率	L*	a*	b*
97.5	97	80	2.82	14	6.35	42.33	31.06	55	40.96	5.45	2.68
118.2	107	83	4.86	15	6.67	41.06	46.85	57.3	38.58	11.49	2.89
98.2	100	82	5.43	15	6.5	40.6	29.73	48.6	38.04	7.2	2.94
113.2	113	90	5.67	14	6.27	40.39	35.8	55.3	37.65	8.24	2.74
88.6	104	83	4.84	14	6.33	41.3	34.25	52.3	41.95	6.5	4.41
82	98	79	4.89	14	6.4	40.72	43.91	53.8	38.47	6.25	2.41
87.4	96	80	5.08	14	6.1	37.36	33.47	57.5	36.83	8.45	2.56
91.4	96	79	5.35	14	6.24	45.75	39.23	57.5	38.45	9.88	3.83
95.6	100	83	5.51	15	6.37	48.22	40.31	51.8	39.82	6.04	2.85
84.8	96	78	3.52	14	6.15	47.36	27.33	53.2	43.17	6.06	3.41
89	100	77	4.78	14	6.43	38.18	28.69	58.6	35.58	7.45	2.26

从两组数据中挑选出10K个SNP位点，  
制作一个10K芯片；  
与通用的猪40K芯片联合使用。



# 液相芯片基因组选择实施流程



## 核心思想：

50K=10K+40K

早期：**10K** 大量检测 成本低

性能测定个体：**40K** 减少测定压力

后期：性能测定个体拥有**50K** 基因型数据，可补充参考群数据

# 民猪芯片的研制



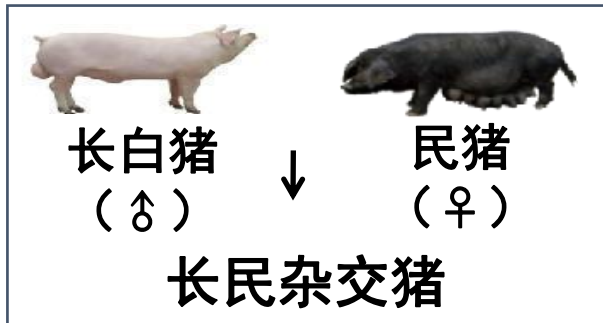
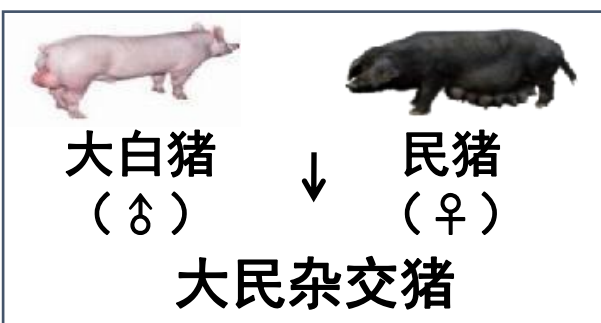
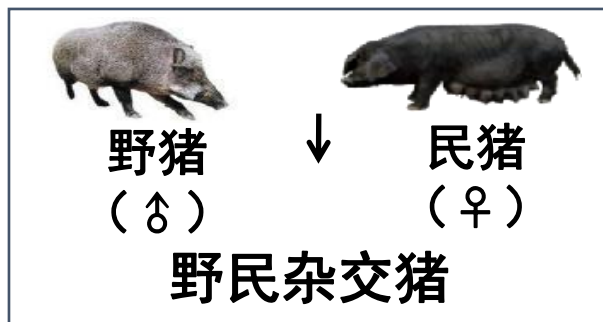
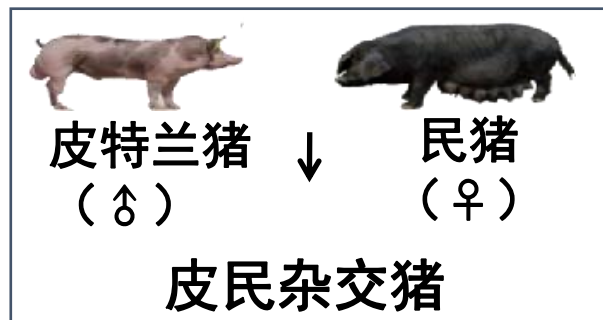
30头民猪的低密度重测序 ( $\sim 0.8X$ ) 数据 (公司完成)

民猪与其它地方猪种 (10个) 相比特异SNP位点 (团队完成)

**10K+40K 策略**



# 巴民优快组合



- 开展多种组合、杂交模式筛选
- 生产性能、肉质性能测定
- 氟烷基因、FSHβ基因等分子标记辅助选种

	民猪	巴民猪
日增重 (g)	464	590 ↑
达100kg日龄 (d)	231	187 ↓
瘦肉率 (%)	47.96	53.25 ↑
肌肉脂肪含量 (%)	4.73	3.31

调优

**巴民优快组合**

直接推向市场

10余年

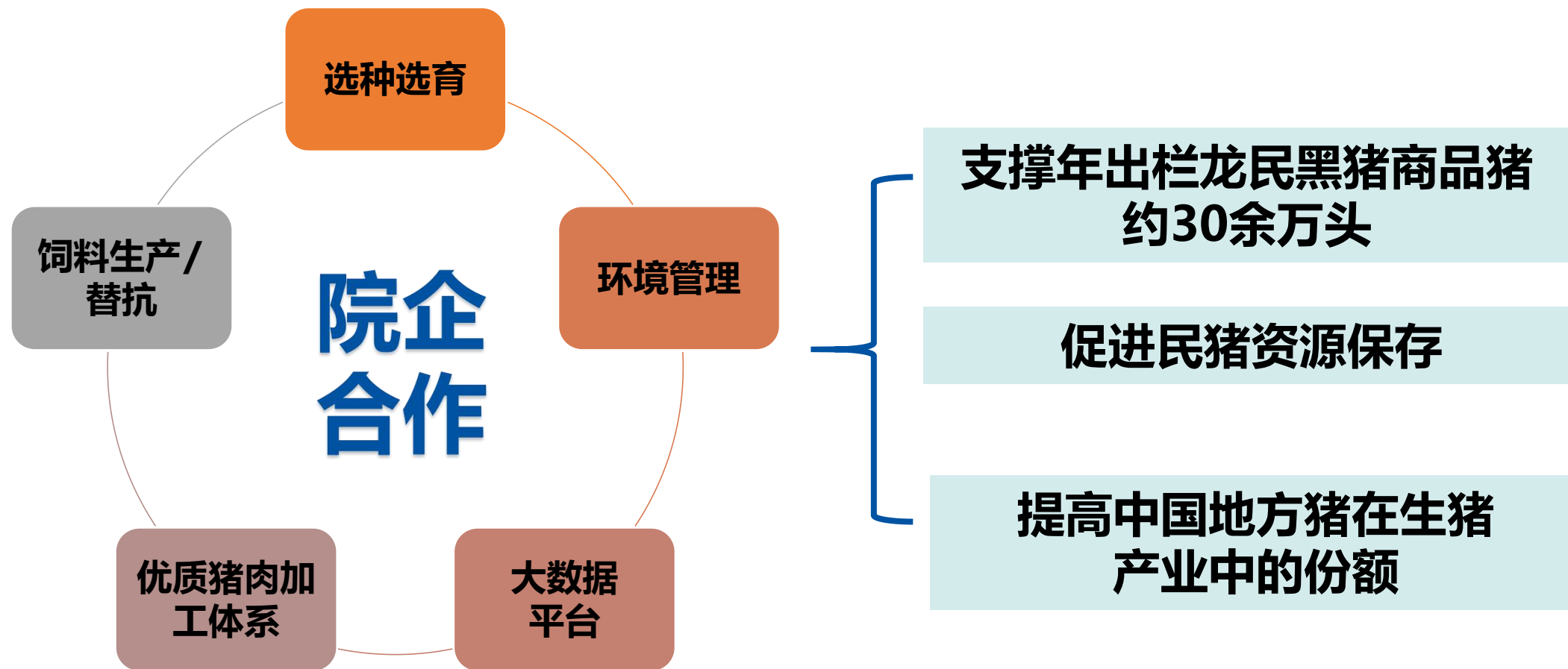
# 龙民黑猪配套系



**选育结果**

	日增重(g)	达100 kg日龄(d)	瘦肉率(%)	肌肉脂肪含量(%)
民猪	464	231	47.96	4.73
松巴民猪	619	181	57.85	4.19

# 龙民黑猪配套系推广应用



# 北有：伊春宝宇农业科技有限公司-“宝宇雪猪”

- 联合开发各类产品30余项
- 整合环节，建立全产业链条，打造推广销售模式
- 其销售份额占据黑龙江省同类门店的80%以上
- 建立**龙民黑猪专业养殖合作社**促进产业集群发展
- 建立示范科研创新等多个技术服务体系推动产业提升





目前伊春宝宇建立6个民猪养殖场，龙民黑猪出栏量6万头，产品销售北京、香港等地



# 南有：海南中农谷野农业有限公司-“黑农科”

中农谷野在海南省围绕种猪场、育肥场、直营品牌店、餐饮、主题文化馆等黑猪“喂-养-加-售-食-教”全流程，集合“三产融合发展”的理念。

2020年，中农谷野养猪项目落户海南省琼海市

2021年，从东北引进龙民黑猪落户海南

2021年，中农谷野落地黑龙江，建成省级原种保种场

2021年，“黑农科”品牌正式启用

海岛生态养殖	养殖环境
酵作饲料	猪食饲料
纯粮喂养	猪食饲料
养足300天	养殖时间
含脂1/10	口味表现
富硒营养	附加营养



北猪南养，  
「寒来暑往」





目前海南省建立7个龙民黑猪养殖场，龙民黑猪出栏量本年度达到13万头  
主要满足海南当地优质猪肉市场

# 未来GS技术在地方猪育种的应用

真正实现GS技术在地方猪育种中的应用，路依旧漫长且困难重重。

需要：

- 政府政策和资金的支持
- 企业的认可
- 高校和科研单位的技术支撑



**敬请批评指正！**