



华中农业大学
HUZHONG AGRICULTURAL UNIVERSITY

基因组选种选配技术创新 与应用

汇报人：李新云

2024年4月14日

提 纲

CONTENTS

01 种猪育种简介

02 基因组育种技术创新

03 普惠育种模式



01

种猪育种简介

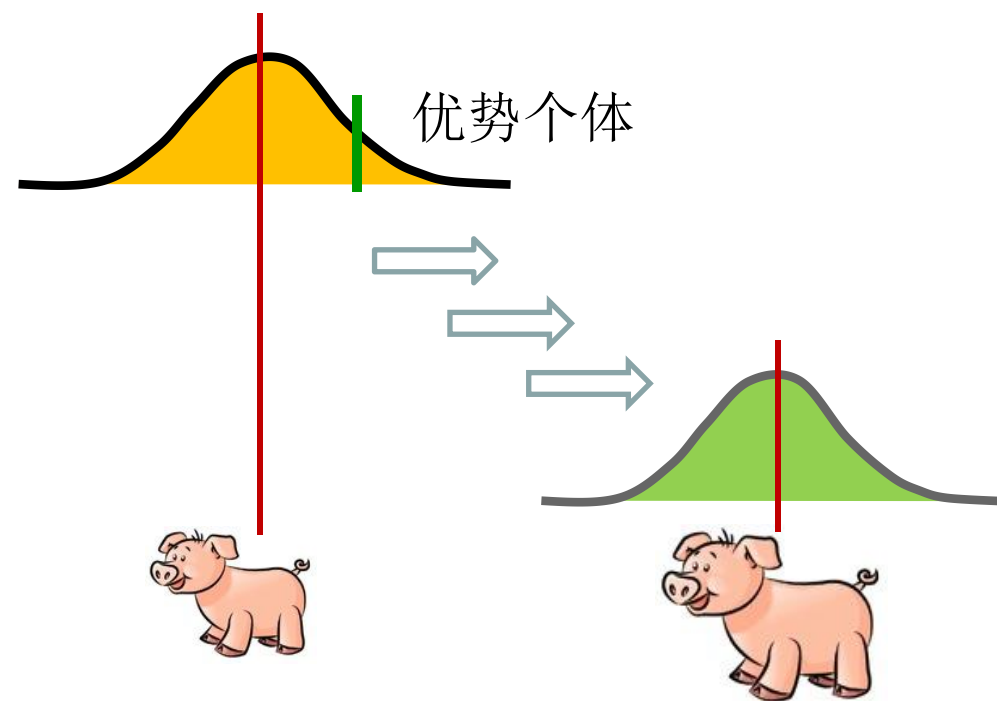


1.1 种猪育种是什么

- 概念：是从遗传上改变猪的性能特征，形成更符合人需要的、能够稳定遗传的、性能优良种猪的一个过程或一种技术
- 猪分成2类：一类是高效，占90%；一种是优质，占10%
- 育种有2个目标：一是提升效率；二是提高品质
- 提高瘦肉猪产肉效率是育种的工作主体；国际种猪育种竞争的本质就是产肉效率改良速度竞赛
- 提高优质猪品质，以及杂交培育优质新品种是有益的补充

1.2 提高瘦肉猪产肉效率

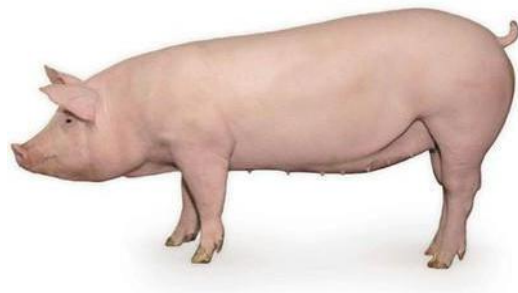
- 在瘦肉猪中不断富集高效生产基因的比例，是一个长期的、连续选择过程
- 主流的瘦肉猪品种：杜洛克、长白、大白瘦肉猪品种，可以看着是全世界育种工作者合力改良的成果



1.3 育种创造价值

✓ 育种具有累加效应

积跬步，至千里；育种是时间的玫瑰



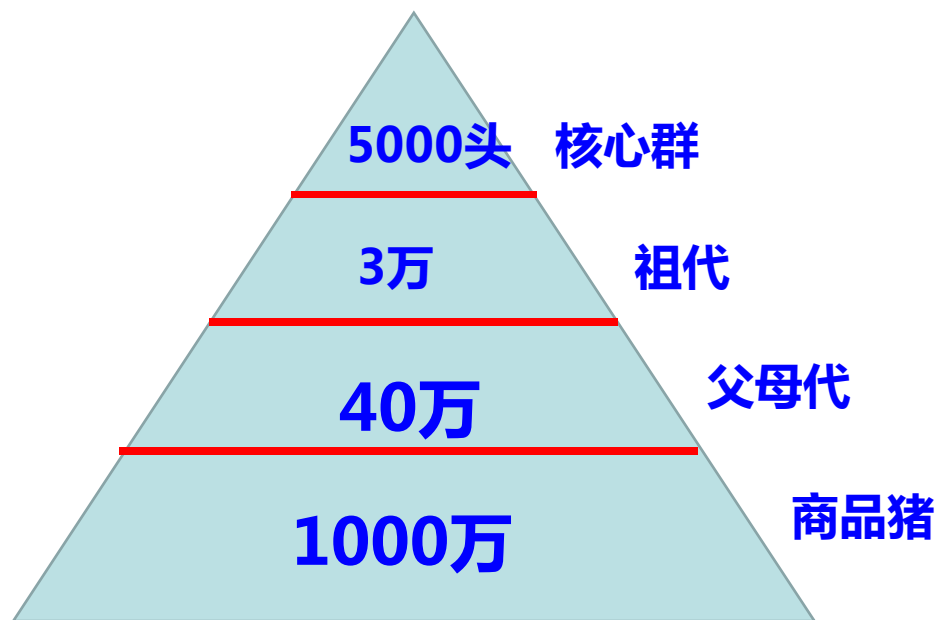
体重 (Kg) : 50 Vs 350
生长速度 (g) : 300 Vs 1000
窝产仔数 (头) : 6 Vs 16



1.3 育种创造价值

✓ 育种具有放大效应

“四两拨千斤”



收益：

5年FCR 下降 0.1

$0.1 * 100\text{kg} * 3 = 30\text{元}$

商品群：

$30 * 1000\text{万} = 3\text{亿}$

PSY：10年时间提升5头，值1500元；每一年每头母猪提升150元的效益，每头仔猪提升5元，加上其他性状，育种每年给每头商品猪带来10元的价值

育种是收益最大、见效最快、投入产出比最高的技术！

1.3 育种创造价值






✓ 育种具有公益性

培育的种猪除了自己使用，也会卖给其他养殖户，也会有利于养殖户提升效益

2022某公司终端父本的生产成绩

性状	10%	30%	平均
校正100kg日龄	124.3	127.8	137.1
校正30-100公斤料肉比	1.39	1.53	1.80
校正30-115公斤料肉比	1.54	1.67	1.94

1.4 国外优秀的种猪公司

PIC	<ul style="list-style-type: none">1962年在英国成立，在22个国家有分公司, 40多个国有业务PIC®为英国上市公司 Genus集团子公司	
丹麦	<ul style="list-style-type: none">全国所有的43家核心种猪场、8500头纯种母猪开展联合育种工作代表企业：丹育	
荷兰	<ul style="list-style-type: none">海波尔 (Hypor) 在全球20多个国家建有核心群或销售网点2014年Topigs和Norsvin合并为 Topigs Norsvin	
法国	<ul style="list-style-type: none">科普利信 (Cooperl) 核心业务涵盖了生猪育种、养殖、屠宰和加工AXIOM公司由2个公司 (Gene+和ADN) 合并而成	
加拿大	<ul style="list-style-type: none">加拿大种猪改良中心 (CCSI)是猪遗传改良技术支持和服务机构种猪企业：加拿大加裕公司 (Genesis)	

1.5 国内的种猪公司

中芯种业 (温氏)

中粮

大北农

史记生物 (天邦)

扬翔

新希望

傲芯种业 (傲农)

海大

正大

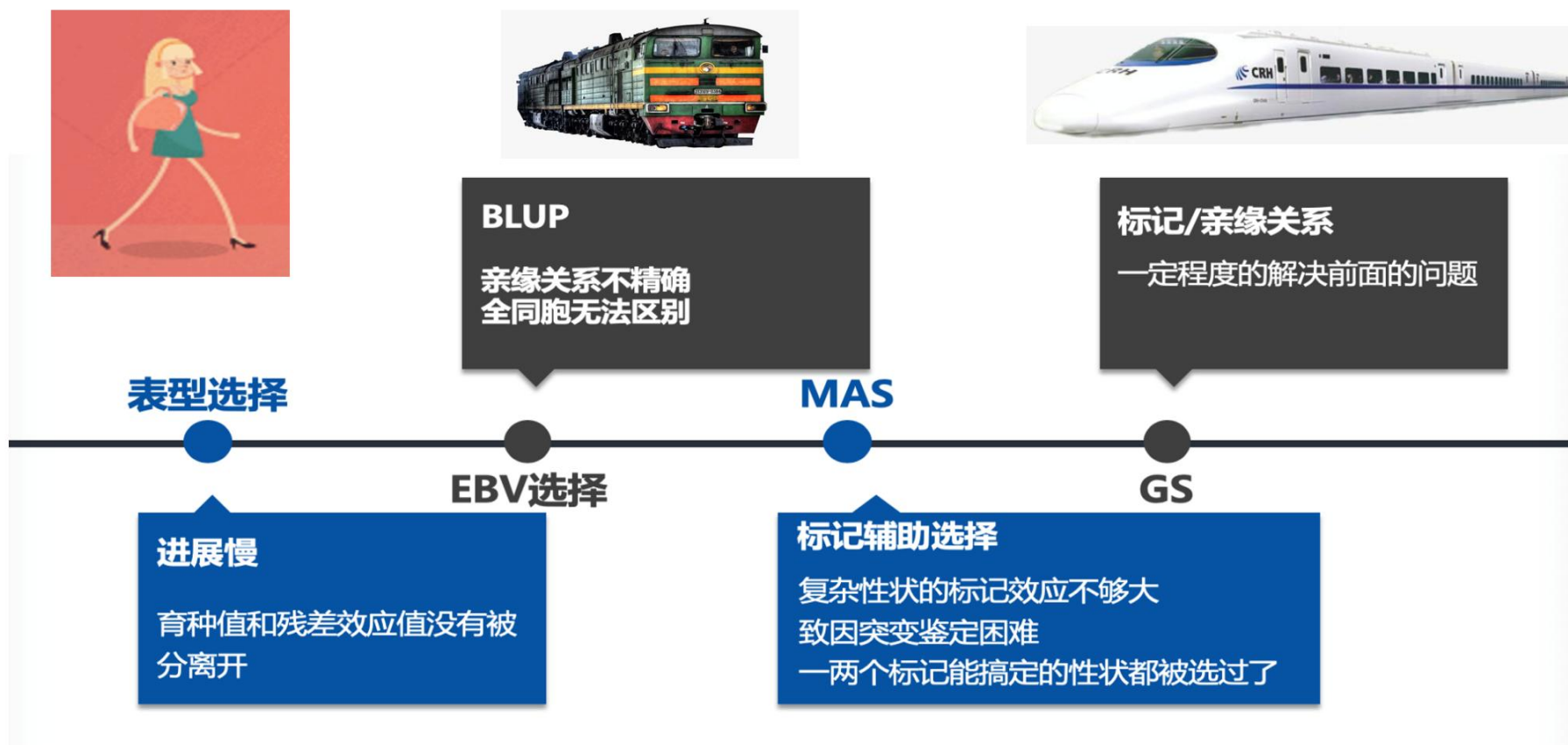
没有一个养猪强国是育种弱国

没有一个国家光靠养肥猪就能成为养猪强国

全球最顶尖的养猪公司，无一例外全都是种猪公司

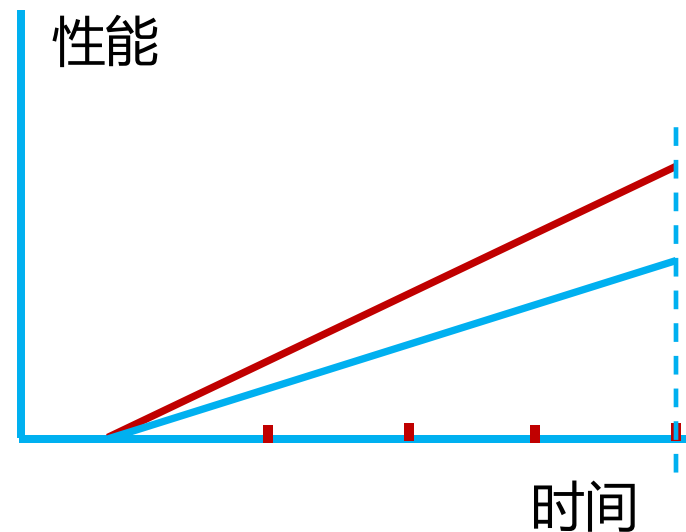
1.6 种猪育种技术发展历史

✓ 种猪育种技术历史，就是育种效率逐步提高的历史



1.7 种猪育种国际竞争实质

- ✓ 猪育种进入基因组时代，基因组育种成为主流技术
- ✓ 瘦肉猪是养殖的主体，选育方向主要提高产肉效率
- ✓ 当前国际种猪育种竞争，本质上是产肉效率改良速度竞赛



提升育种效率是打赢猪种业翻身仗的关键，改良速度不改变，世界种业格局也不会改变

02

基因组育种技术创新



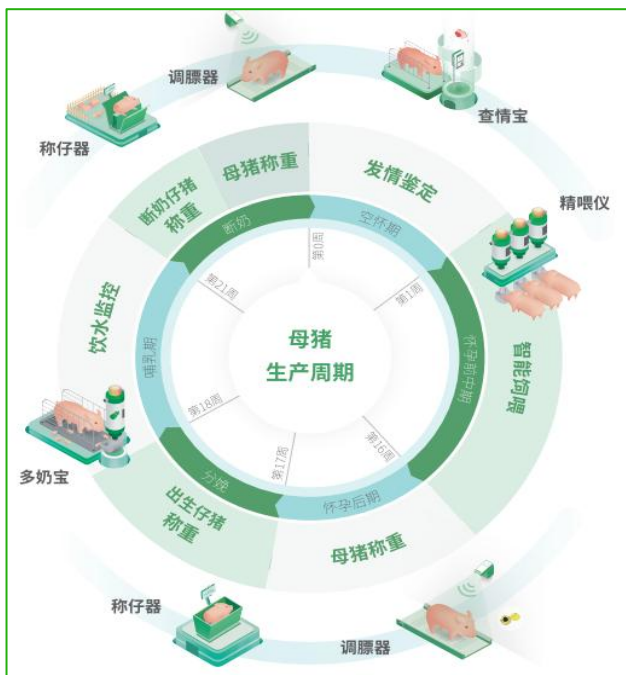
2.1 基因组育种

概念：在常规BLUP方法上，增加基因组信息，效率提高30%

- 种猪育种本质上是预测科学，有效信息掌握的越多；信息利用的越充分；预测的就越准确，育种效率就越高，**育种技术创新是提升育种效率的关键**
- 如何进一步提高基因组育种效率
 - ✓ 收集更多信息
 - ✓ 更好地利用信息

2.2 智能测定技术

- ✓ 测定是育种的基础，无测定，不育种
- ✓ 与改良性状有相关的数据，都是有价值的，都可以称之为测定
- ✓ 智能测定是未来，机器测定能够突破人力局限，突破测定瓶颈



查情宝

精喂仪

多奶宝



称仔器



FPF引擎



FPF网联



调膘器



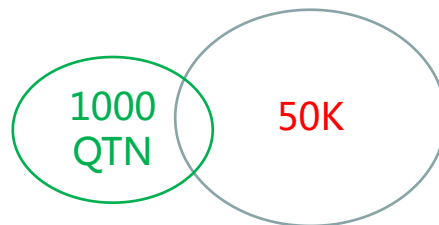
2.3 基因芯片技术

- ✓ 基因芯片是为了获取有育种价值的基因组信息
- ✓ 利用功能位点，提升育种芯片信息含量

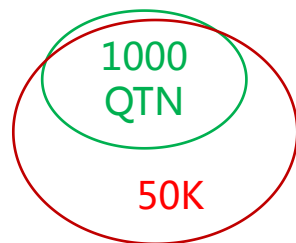


1000
QTN

理想基因芯片



标记位点基因芯片



功能位点基因芯片



2.3 基因芯片技术

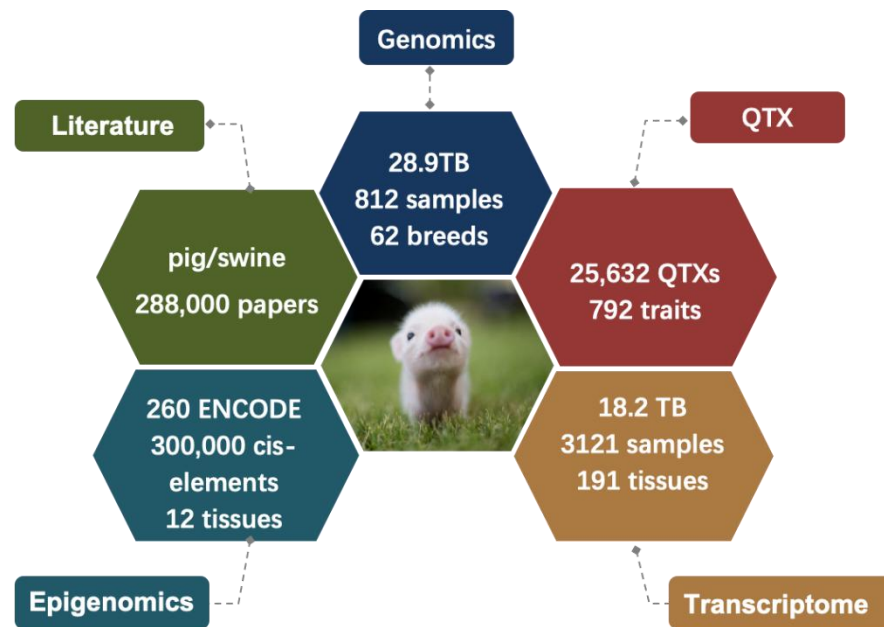
■ 构建了全球唯一的猪整合组学知识库，获国家技术发明二等奖

- ✓ 结合卷积神经网络模型，构建了“基因-性状”因果关系评分方法
- ✓ 对于目标性状和感兴趣的基因组区域，精准推荐候选基因及功能突变



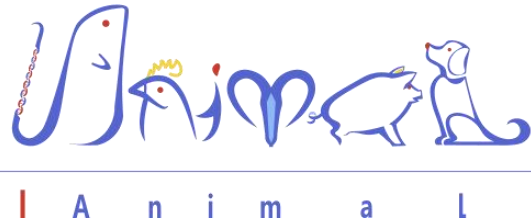
iSwine

<http://iswine.iomics.pro/>



Fu et al., *Communications Biology*, 2020

2.3 基因芯片技术



<http://ianimal.pro/>

IANIMAL: A cross-species omics knowledgebase for animals

Home Taxonomy Genome Transcriptome Epigenome Literature Tools Download Help

Quick Search Advanced Search

Sus scrofa Please enter Search

e.g. [IGF2](#) [ENSSSCG00000035293](#) [1:1469132-1596442](#) [GO:0008083](#)

Data Summary (21 Species)

Species	SAMPLES
SSC	11000
CPA	4000
PCA	1000
CDK	500
LAV	500
UTI	500
GBA	5000
APL	1500
ACY	1000
DCU	1000
AMM	1000
BTA	5000
PLE	5000
PFB	5000
QAS	4000
ECB	3500
CHK	3000
EAL	2500
BMU	2500
MMU	11000
MFC	7000

WGS ATAC-Seq ChIP-Seq RNA-Seq

61,191

Category	Value
Sequences	846.46TB
Projects	4,030
Literatures	2,794,237
Tissues	256
Variations	877.60M
Genes	551,159

2.3 基因芯片技术

- ✓ 具有完整的基因芯片设计、制备、检测的能力；提供5K~500K任意规格的个性化芯片开发服务



猪80K功能位点基因芯片优点

功能位点

选取的是对基因表达、蛋白质结构和功能具有重要作用的功能突变，而不仅仅是分子标记，芯片位点设计更科学，位点携带的有效育种信息含量更高，联合FarmCPU算法、rMVP软件进行GWAS研究，主效基因、功能突变鉴定更高效。

分型准确

位点分型采用精准捕获测序技术，芯片位点分型准确率超99%。

猪80K 功能位点基因芯片

Porcine 80K
Functional Variants
Genotyping Array

升级灵活

能够根据物种群体遗传特点及基因组研究最新成果随时优化位点设计，芯片位点升级更灵活。

信息丰富

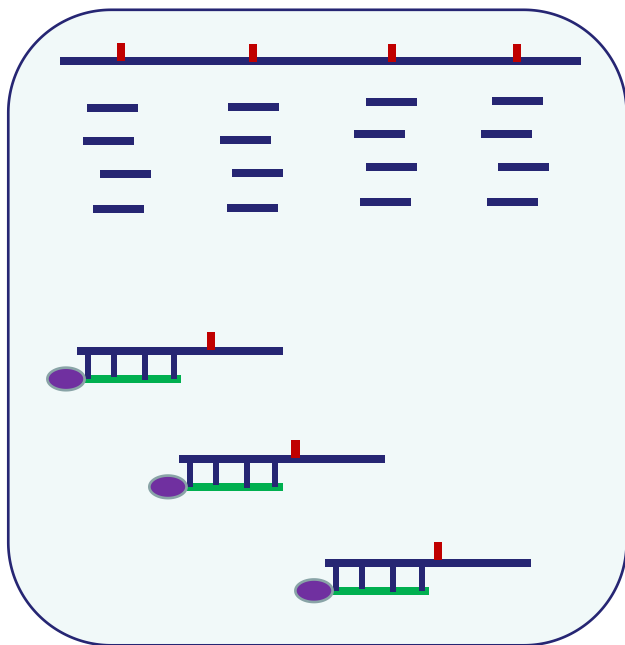
不仅提供80K核心功能位点基因分型结果，而且额外提供核心位点附近遗传变异位点，总共提供187K遗传变异位点分型结果，信息更丰富。

育种高效

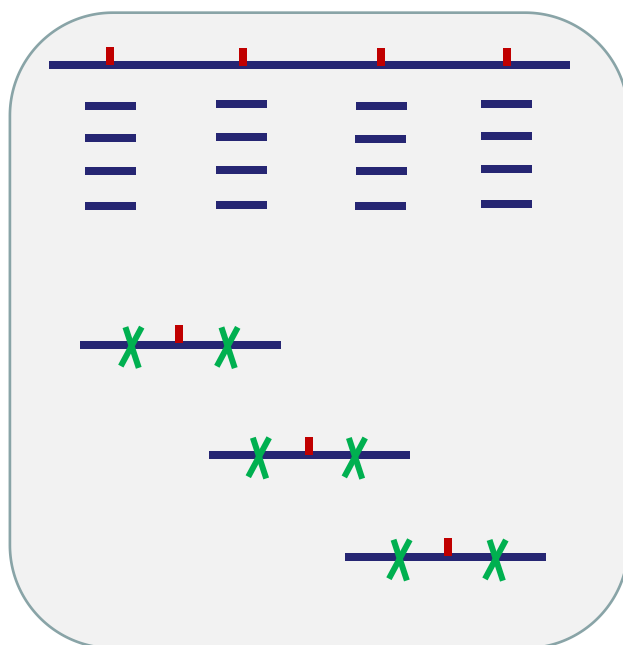
联合自主研发的KAML算法和基因组选种选配HiBLUP平台，育种值评估更准确，育种更高效。

2.4 液相芯片技术

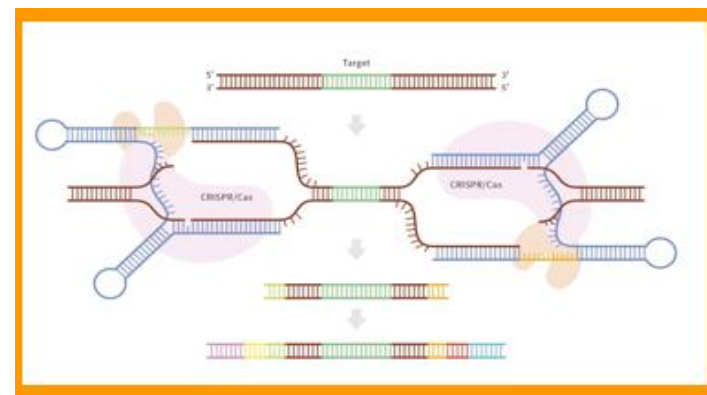
- ✓ 自主的液相基因芯片技术
- ✓ 特异性捕获效率达90%以上



杂交液相芯片技术



核酸酶切割液相芯片技术



实现SNP、CNV、Indel
高效精准捕获

2.4 液相芯片技术

✓ 全流程国产化的液相基因芯片技术平台

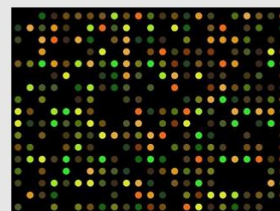
固相基因 芯片技术



基于芯片杂交捕获
靶位点（固相捕获）

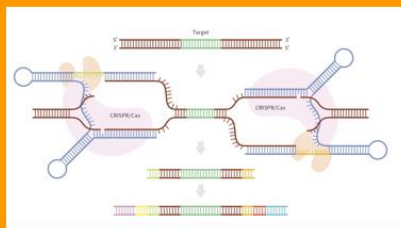


基因芯片杂交
后扫描



根据颜色分析
基因型

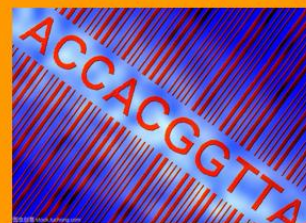
液相基因 芯片技术



精准靶位点捕获技术
（液相捕获）



针对捕获靶位
点进行测序



直接获得基因型

2.5 基因组育种信息平台“天权”（HiBLUP）

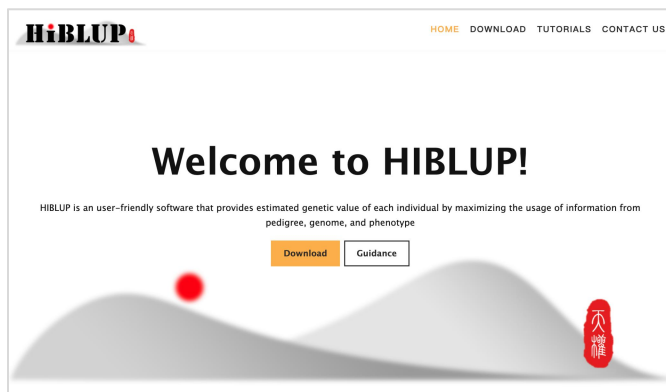
- ✓ 打破FSPAK国际基因组育种核心专利，不依赖第三方专利、软件
- ✓ 能够高效处理百万级群体、千万级标记育种大数据

$$\begin{bmatrix} X^T X & X^T Z_1 & \dots & X^T Z_n \\ Z_1^T X & Z_1^T Z_1 + \lambda_{u_1} K_1^{-1} & \dots & Z_1^T Z_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_n^T X & Z_n^T Z_1 & \dots & Z_n^T Z_n + \lambda_{u_n} K_n^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ u_1 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X^T y \\ Z_1^T y \\ \vdots \\ Z_n^T y \end{bmatrix}$$

大型稀疏矩阵求逆

FSPAK: 专利保护,
美国育种团队

DMU（欧洲）、BLUPF90（美国）



<http://www.hiblup.com/>

QQ: 935348004

FGB 基因组育种前沿

2023年6月21日

HIBLUP教程 | 第9期: G×G、G×E以及E×E交互模型拟合

阅读 320 赞 1

Hi

2023年6月3日

HIBLUP教程 | 第8期: 重复记录性状模型拟合

阅读 325 赞 1

Hi

Breakthrough Article(突破性进展)

Yin et al., *Nucleic Acids Research*, 2023

2.5 基因组育种信息平台“天权” (HiBLUP)

- ✓ 采用全新计算策略，无需直接求逆
- ✓ 并行运算：OpenMP + Intel MKL
- ✓ 内存映射：Memory-mapping

Table1: The computational cost on time and memory of GBLUP model for variance components estimation

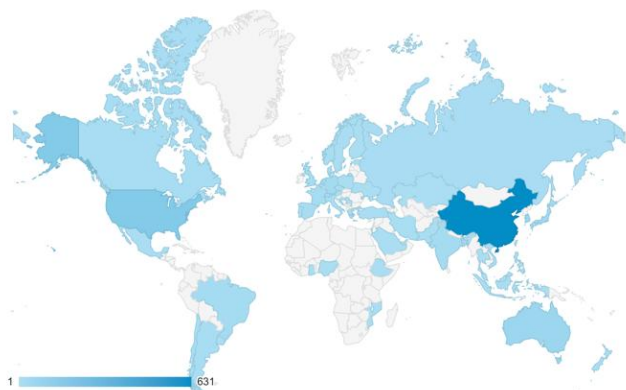
Software	Relationship Matrix			Single trait model		Multiple traits model	
	Type	Time (s)	Memory (Gb)	Time (s)	Memory (Gb)	Time (s)	Memory (Gb)
GCTA	G	28	1.12	198	5.47	420	18.11
MTG2	G	396	17.67	144	3.15	292	5.68
BLUPF90	G^{-1}	138	11.93	1331	6.26	17409	16.36
HIBLUP_R	G	39	12.18	130	6.72	1081	14.22
HIBLUP_C	G	21	1.54	58	2.65	166	6.88

Note: “ G ” is the relationship matrix derived from genomic information ($n=10000$), “ G^{-1} ” is the inverse of “ G ”, the number of phenotypic records is 10000. All results are computed on 32 threads.

2.5 基因组育种信息平台“天权” (HiBLUP)

✓ HiBLUP提供多种系统版本，科研版被全球77个国家和地区使用

Linux	MacOS	Windows	鲲鹏(Kunpeng)
x86_64 v1.1.0 04/15/2022 21.6 MB	x86_64, M1 v1.1.0 05/09/2022 3.3 MB	x86_64 v1.1.0 05/16/2022 9.6 MB	aarch64 v1.1.0 05/24/2022 4.9 MB
Download	Download	Download	Download



1. China	11. United Kingdom	21. Singapore	31. Ethiopia	41. Switzerland	51. Poland
2. United States	12. Netherlands	22. Thailand	32. Ghana	42. Czechia	52. Portugal
3. Australia	13. Spain	23. Taiwan	33. Israel	43. Estonia	53. Turkey
4. South Korea	14. (not set)	24. Austria	34. Mexico	44. Finland	54. Ukraine
5. Japan	15. Canada	25. Bangladesh	35. Philippines	45. Croatia	55. Uruguay
6. Germany	16. Argentina	26. Chile	36. Pakistan	46. Indonesia	56. Vietnam
7. India	17. Greece	27. Iran	37. Serbia	47. Kazakhstan	
8. Brazil	18. Belgium	28. Italy	38. Saudi Arabia	48. Malaysia	
9. Hong Kong	19. Russia	29. Norway	39. Sweden	49. Mozambique	
10. France	20. Denmark	30. New Zealand	40. United Arab Emirates	50. Nigeria	

2.5 基因组育种信息平台“天权”（HiBLUP）

核心算法

进行基因组选配计算的软件，适用于动植物遗传学研究

原型中台

提供基因型数据管理和基因组育种计算服务，适用于与第三信息平台对接，赋能基因组选种选配功能

育种平台

育种平台是猪育种场信息化管理与基因组选种选配的一站式服务解决方案



03

普惠育种模式



3.1 普惠育种模式提出的背景

- ✓ 困扰我国养猪业的两大难题



- ✓ 如何在复杂疾病形势下，高效育种、生产？
切断猪只流通对于疾病防控极其重要
如何在切断流通的情况下保证遗传水平

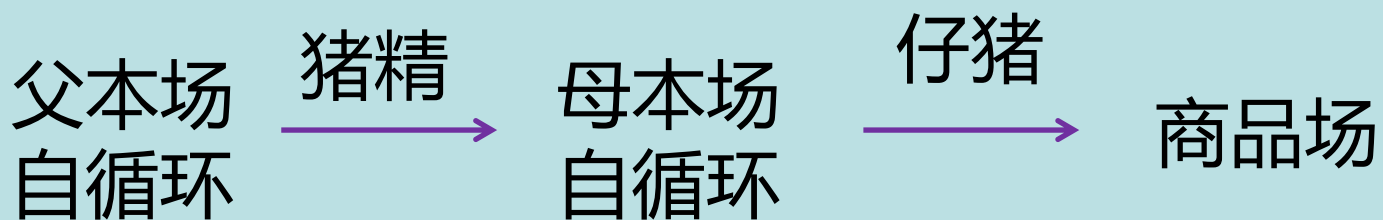


3.2 普惠育种模式

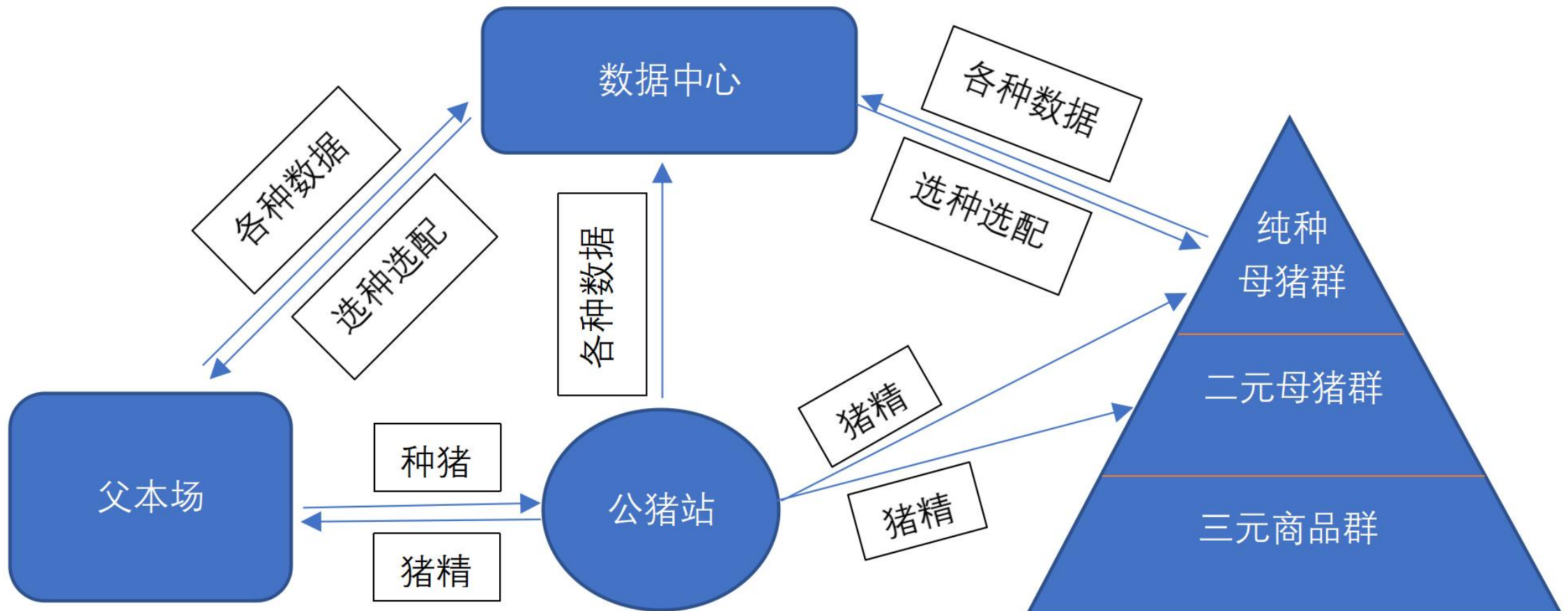
■ 传统的育种生产模式



■ 普惠育种模式



3.2 普惠育种模式



3.3 普惠育种模式技术体系

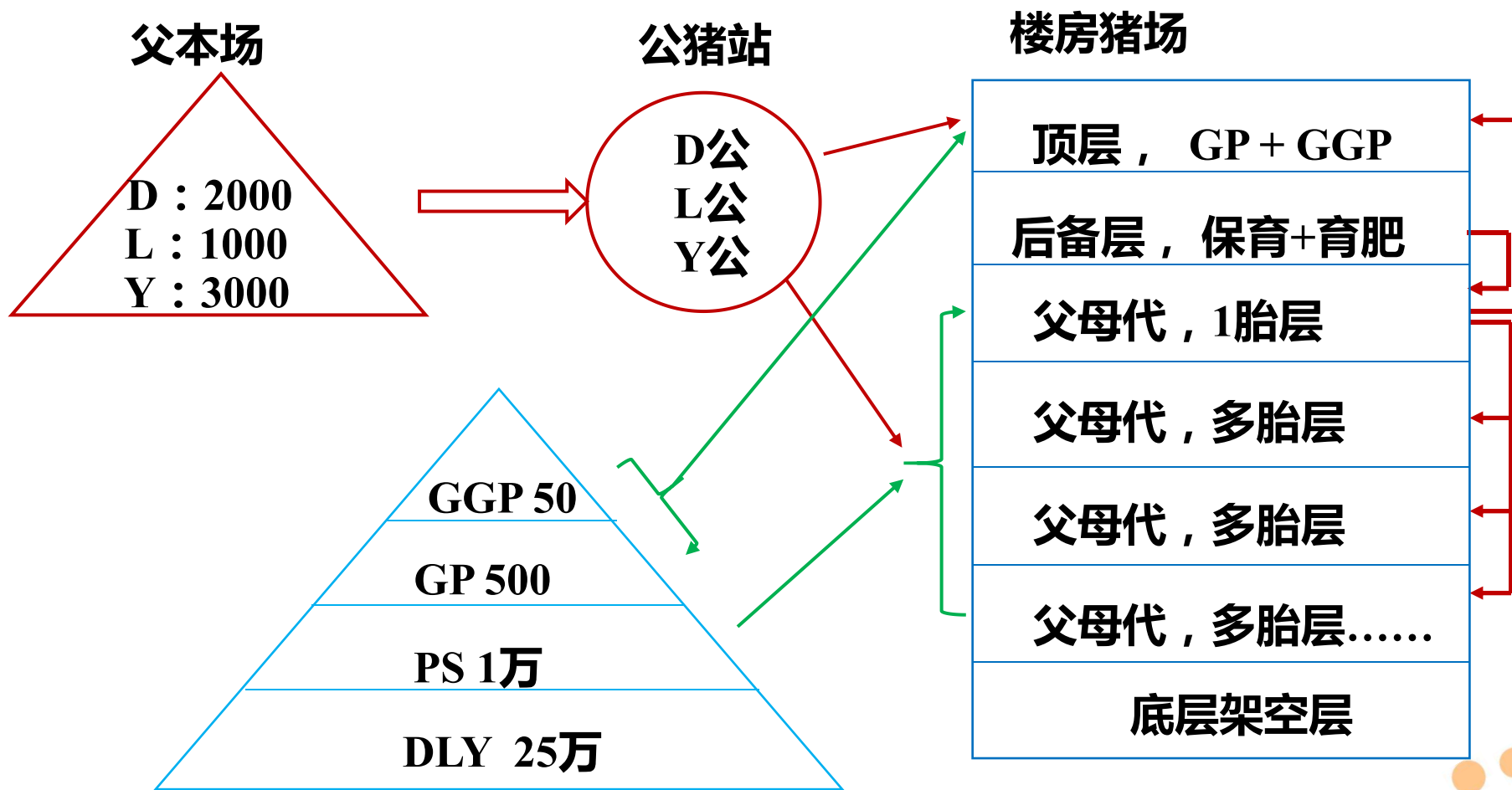
母猪自循环 + 基因组联合育种 + 基因组选配

母猪自循环：切断疾病传播最主要途径

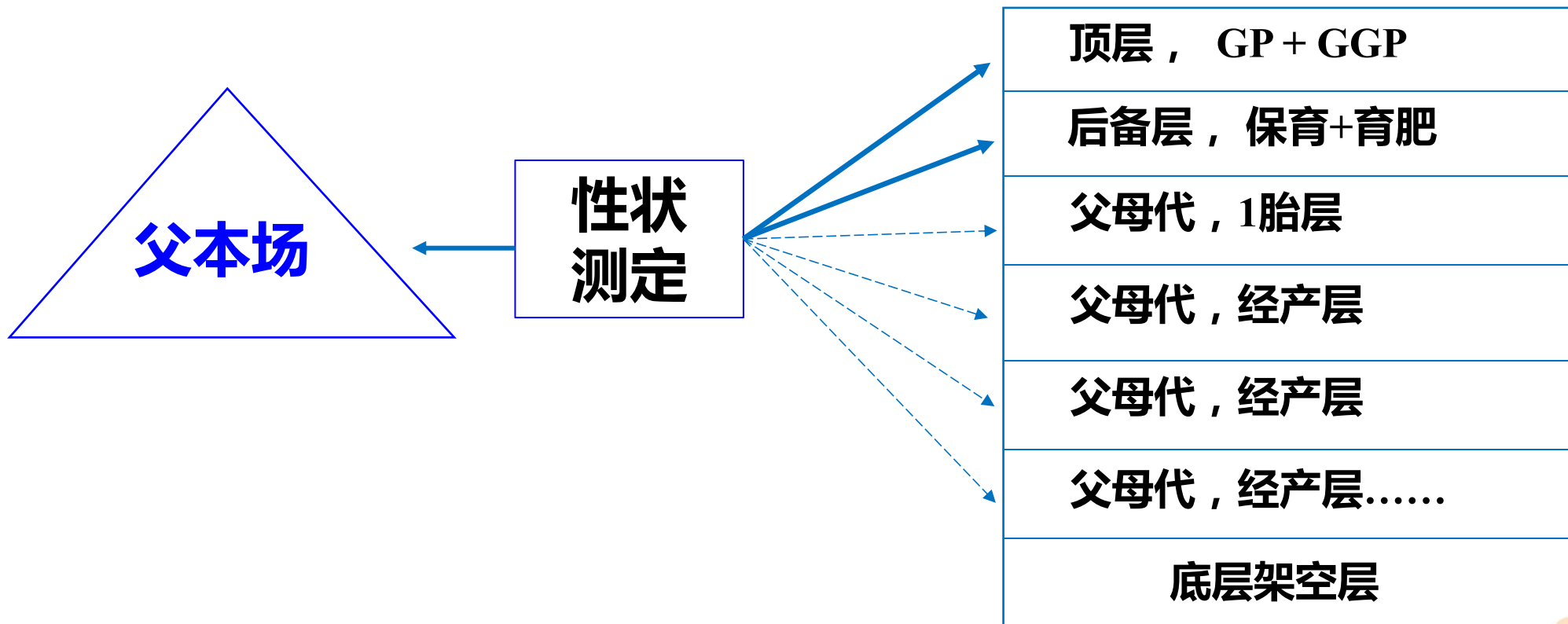
基因组联合育种：提高育种效率和种猪质量

基因组选配：发挥基因效应，提高商品猪性能

3.3 普惠育种模式技术体系

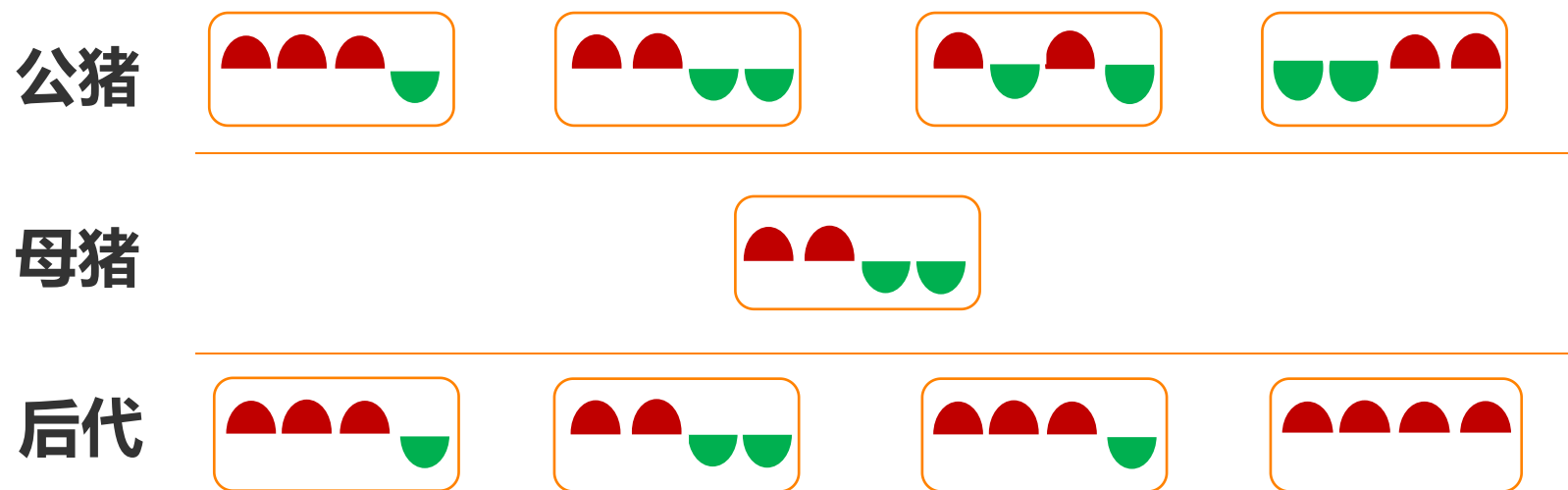


3.3 普惠育种模式技术体系

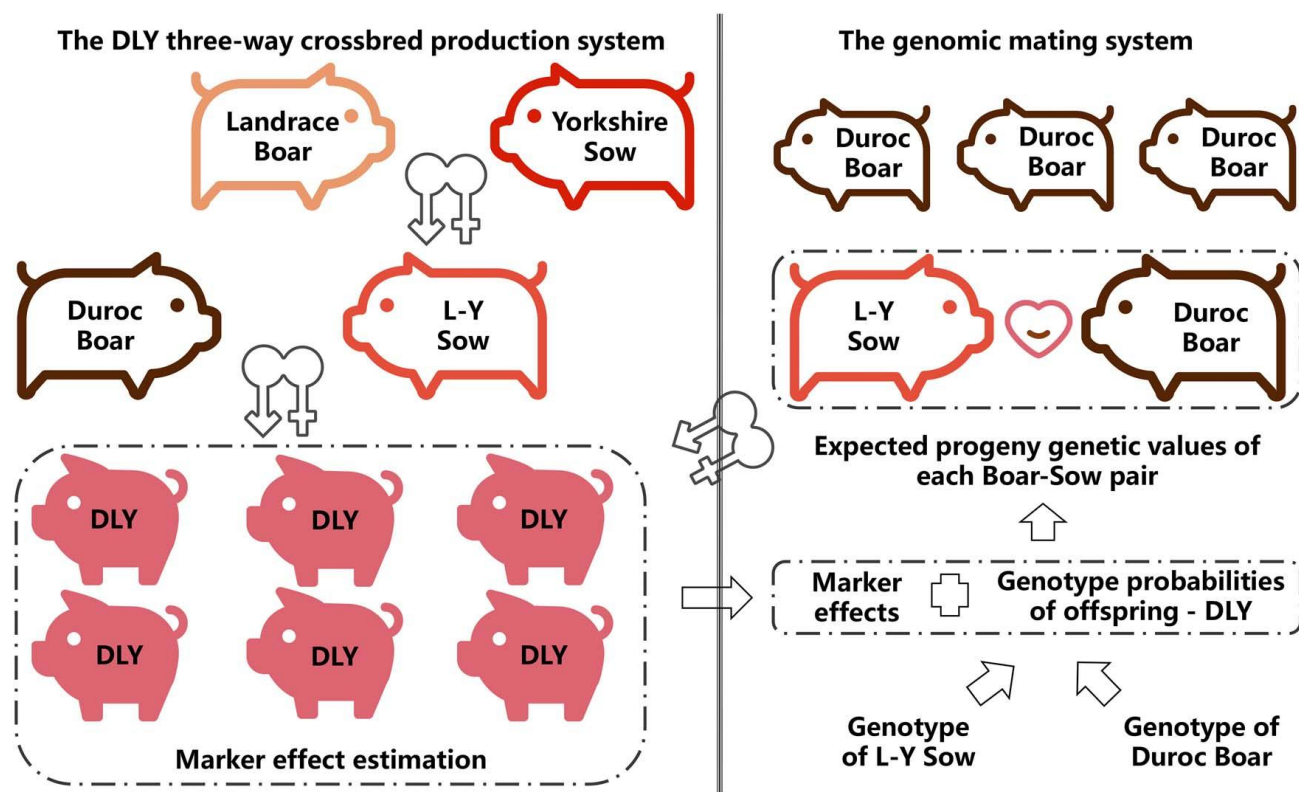


3.4 基因组选配

- ✓ 基因组选配原理：通过基因组匹配分析，筛选最佳的公母猪交配组合，使其后代基因效应值最大，生产性能最佳



3.4 基因组选配



- (1) 三元商品猪参考群体计算标记效应值；
- (2) 杜洛克公猪和长大二元母猪的基因型数据用来计算所有交配组合后代的基因型概率；
- (3) 根据标记效应值与基因型信息计算交配组合后代的期望遗传值；
- (4) 根据期望遗传值最大化原则推荐杜洛克公猪和长大二元母猪最佳配对组合。

3.4 基因组选配

- 875头DD、350头LY和3573头DLY；与随机交配相比，基因组选配后代料重比下降0.12；30kg~120kg日龄缩短4.64天

Table 4. The average expected progeny values for six traits from a typical DLY pigs

Mating model	Effect model ^b	FCR (\pm SE) ^a	ADFI, g (\pm SE) ^a	AGE, days (\pm SE) ^a	ADG, g (\pm SE) ^a	BFT, mm (\pm SE) ^a	EMA, cm ² (\pm SE) ^a
Breeding values	1	-0.1164 (0.0037)	-126.6165 (4.2195)	-4.2588 (0.1207)	43.8579 (1.2337)	-1.0760 (0.0324)	2.5619 (0.0662)
	2	-0.1013 (0.0031)	-93.9488 (3.1280)	-3.5922 (0.1000)	37.3971 (1.0514)	-0.8077 (0.0237)	2.2482 (0.0579)
	3	-0.1166 (0.0036)	-124.3126 (3.9386)	-4.2516 (0.1239)	43.9737 (1.2661)	-1.0288 (0.0315)	2.5644 (0.0653)
	4	-0.1018 (0.0031)	-95.3136 (3.1642)	-3.6157 (0.0997)	37.6254 (1.0347)	-0.8100 (0.0241)	2.2645 (0.0572)
Total genetic values	1	-0.1164 (0.0037)	-126.6165 (4.2195)	-4.2588 (0.1207)	43.8579 (1.2337)	-1.0760 (0.0324)	2.5619 (0.0662)
	2	-0.1222 (0.0035)	-132.1823 (3.4042)	-4.6783 (0.1080)	48.3496 (1.1145)	-1.0199 (0.0237)	2.6502 (0.0614)
	3	-0.1166 (0.0036)	-124.3126 (3.9386)	-4.2516 (0.1239)	43.9737 (1.2661)	-1.0288 (0.0315)	2.5644 (0.0653)
	4	-0.1220 (0.0034)	-130.4313 (3.4100)	-4.6409 (0.1085)	48.2637 (1.1085)	-1.0162 (0.0240)	2.6515 (0.0601)

3.4 基因组选配

- ✓ 智能楼房公猪站
- ✓ 精液自动分拣系统
- ✓ 基因组选配系统



智能楼房公猪站



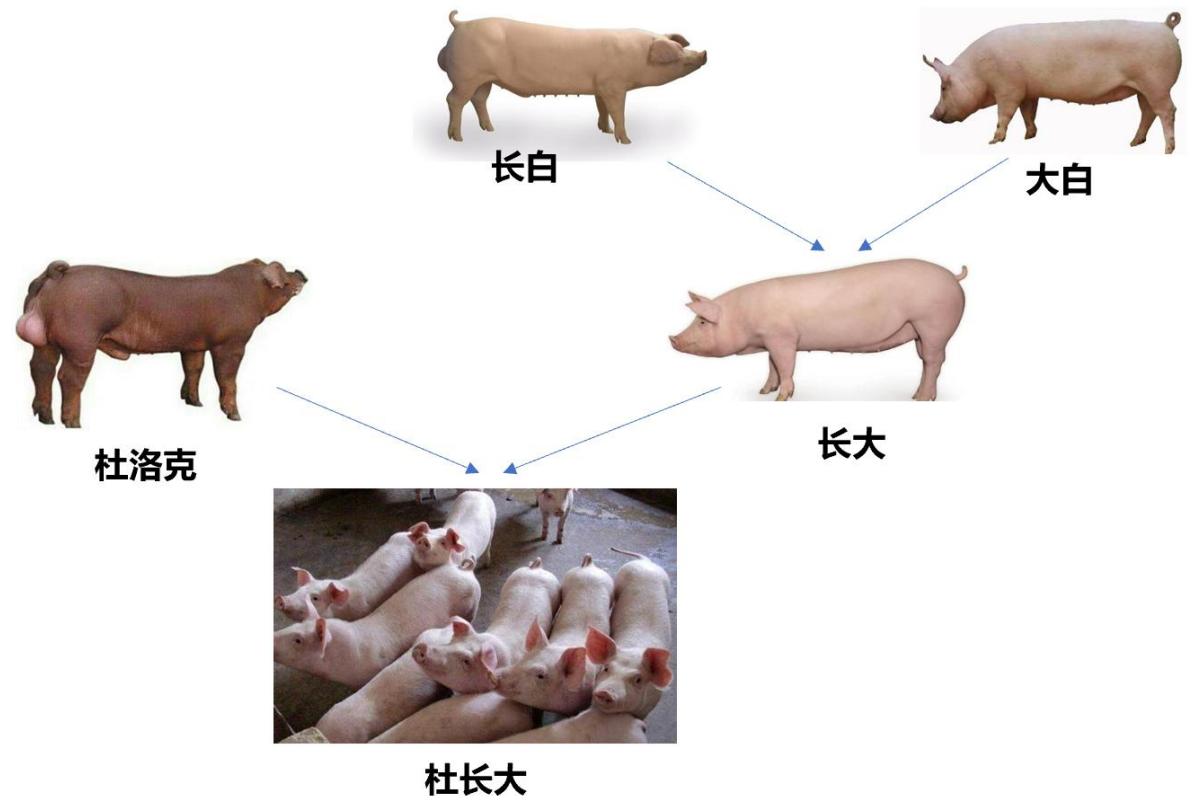
精液自动分拣系统



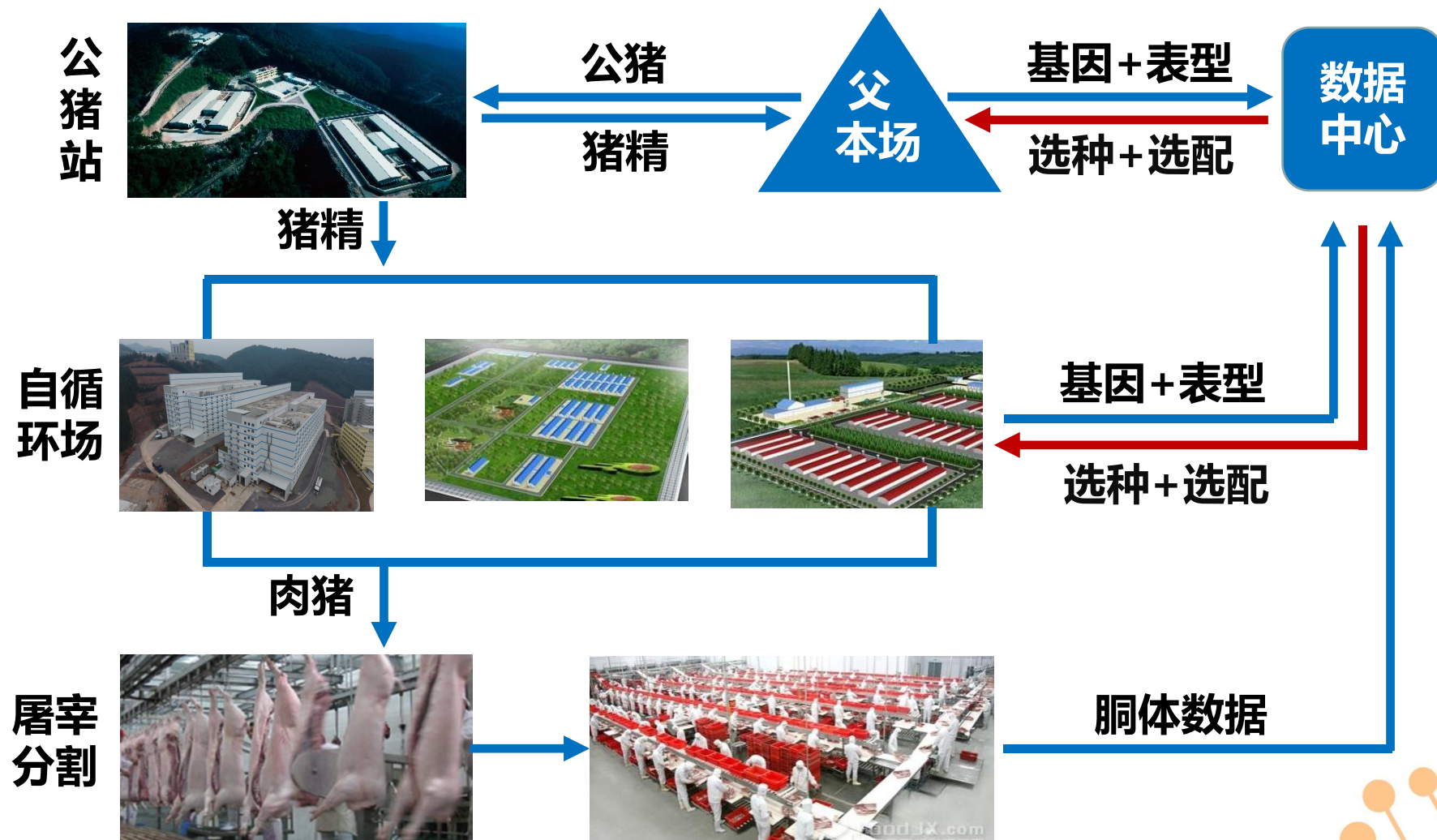
基因组选配系统

3.5 基因组选种+基因组选配

- ✓ 基因组选种，通过改良纯种基因水平，提升商品猪性能
- ✓ 基因组选配，通过直接改良商品猪基因水平，提升性能



3.6 普惠育种行业推广

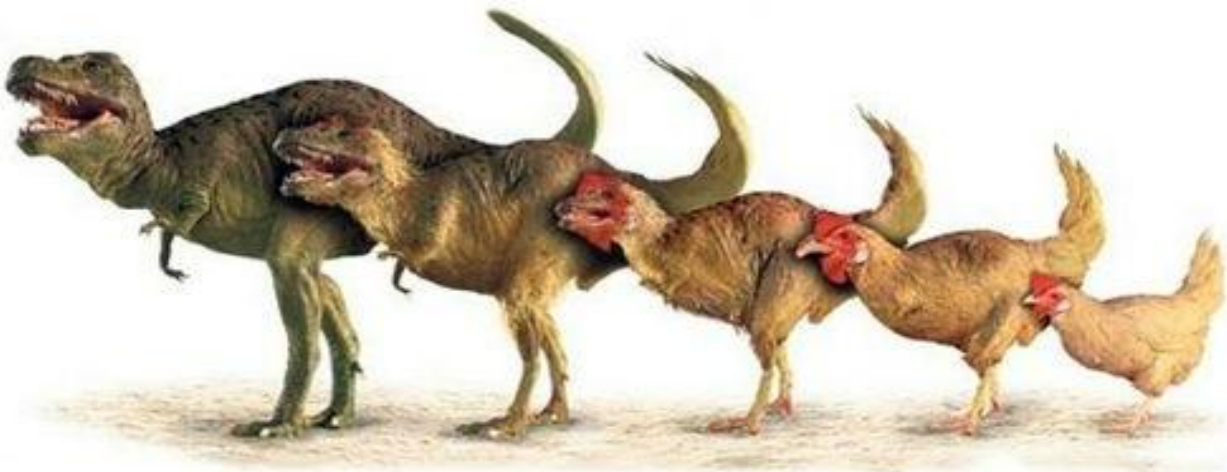


3.7 小结

育种没有极限，育种本身就是突破极限！

未来的育种发展方向：基因技术 + 人工智能技术

生猪育种会向高效、智能、无人化发展



科技改变养猪业！
谢谢！

