


 中国农业大学
 动物科学技术学院
 College of Animal Science and Technology

奶牛群体遗传改良中 新性状的研发与应用

中国农业大学 王雅春

2020.10.11 石家庄

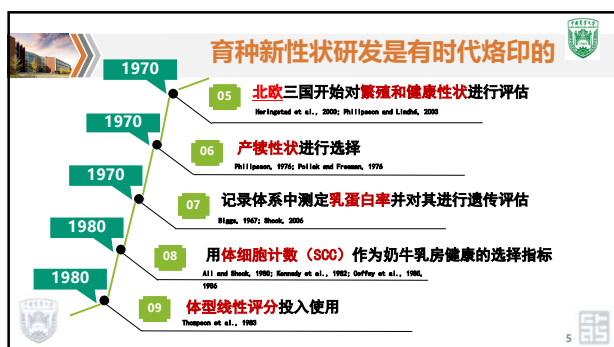
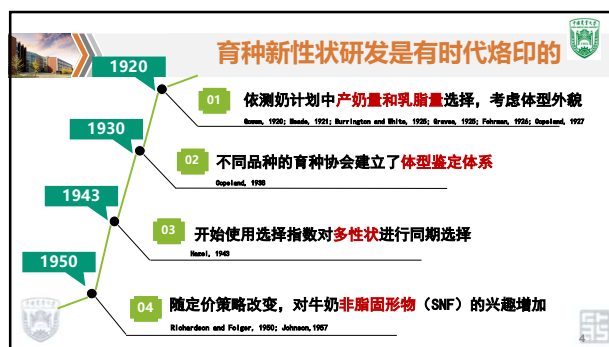
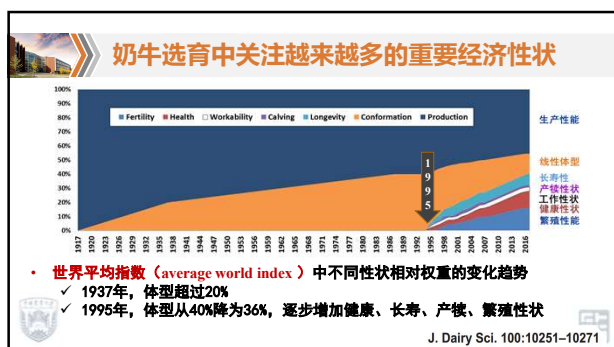




 目录
 CONTENTS

1. 奶牛选育性状研发简史
2. 对选育性状的不断认识和选育策略的不断完善
 - ① 乳房健康
 - ② 肢蹄健康
 - ③ 综合健康
 - ④ 长寿性
 - ⑤ 繁殖效率
 - ⑥ 抗热应激
 - ⑦ 饲料效率


 学习部分国家遗传评估机构、育种公司公布材料有感谢!



育种新性状研发和实践符合产业需求

- 随着量化个体性能指标、测定设备、模型的研发: P%、SCC
- 随着人对牛各方面需求的了解、对原有性状的深入理解:
 - 次级性状Secondary trait, 辅助性状Auxiliary trait = 功能性状functional trait
 - 乳房健康: 乳房炎→ SCC→ SCC+乳房评分→ SCC+乳房评分+临床乳房炎
- 随着产业关注点的变化: 提高产量-乳干物质-健康-产量及转化效率
- 奶牛泌乳性能在过去60年持续提高, 平衡育种的需求日益凸显: 要求同步提升健康、繁殖和效率

期待+要求

选育提高

生产性能

健康状态

转化效率

总效益

成本 经济重要性

技术可行性 遗传参数-h²

利用育种手段提高乳房健康-健康、福利、生产力、效益

重要性毋庸置疑, 但我们提高乳房健康的策略是逐步进展的:

- 1970s, 北欧记录健康性状中包括临床乳房炎
- 1980s, 用体细胞计数 (SCC) 作为奶牛乳房健康的选择指标
 - 1982年北欧乳房健康指数进入NTM; 世界各国使用SCC选育乳房健康
- 2010s, 现场记录field record, 奶农记录临床乳房炎发病信息, 与SCC一起选育乳房健康-指数:
 - 2013.12 加拿大正式发布临床乳房炎评估结果 (2007年全国范围内开始收集荷斯坦、娟姗和爱尔夏牛8种疾病数据并进行模型研究, 包括临床乳房炎, 6年-28%牧场) SCC+乳房深度+前房附着 (46%), +体况等+临床乳房炎 (72%), 历史数据ACC↑;
 - 2020.4 乳房炎抗性澳大利亚选择指数 (ABV); 多性状: 临床乳房炎记录(2013-16, Ginfo收集100herds, 3万头), SCC (2002年起) 及乳房深度, interbull info
 - 荷兰CRV-乳房健康指数, SCC+乳房炎; α=1万SCC、2%乳房炎、3%亚临床

体细胞数↔乳房炎抗性

Trait	Mastitis Resistance	Clinical Mastitis - 1st Lactation	Clinical Mastitis - Later Lactations
Clinical Mastitis - 1st Lactation	85%		
Clinical Mastitis - Later Lactations	90%	73%	
Somatic Cell Score	-79%	-44%	-58%

Note: Negative correlations with SCC refer to the desired direction for improvement.

- 乳房炎抗性与体细胞数强相关, 但不是同一个性状
- 乳房炎抗性*体细胞数: $r_g = -0.77$ (AU), 0.6 (DEN)
- 具备了SCC及临床乳房炎遗传评估结果, 各国的使用策略不同
- 丹麦乳房炎抗性指数: 前3胎临床乳房炎和SCC, 前房附着, 乳房深度; 90%母牛记录
- 加拿大乳房炎抗性指数: 头胎牛临床乳房炎、经产牛临床乳房炎、SCC, 3性状等权重; 荷斯坦牛直接以6.7%的重要性进入LPI
- 澳大利亚乳房炎抗性指数: 临床乳房炎+胎次平均SCC+乳房深度; 独立于ABV(包括SCC), 选择公牛时可以考虑两个指数

利用育种手段提高蹄部健康-健康、福利、生产力、效益

蹄部健康与肢蹄评分性状的相关: 0.2-0.4

- 2010年荷兰、北欧分别就6种和7种蹄病公布指数
 - CRV蹄部健康指数: 2006年开始收集, 1胎, 2胎, α=3%
 - 北欧: 2003年开始系统记录的蹄部数据, 10种蹄部健康问题; 2011年选择指数中加入蹄部健康指数
- 2017.12 加拿大基于2009年以来研究, 推出趾部皮炎育种值预测结果
 - 2018.11 CDN蹄部健康指数 (Hoof Health, HH) (2007年: 8种蹄部病症; 2014-2017研发, 代替趾部皮炎评估, 建立蹄部、DHI、CDN的数据链接, 通过DHI机构发布蹄部健康报告; $h^2=3-8\%$; $REL(gHH)=0.75$, 一步法; $r(gHH, LPI/Pro\$)=58\%$ 蹄公牛HH10分: 女儿健康比例差距, 发病率最高的趾部皮炎9% 蹄底溃疡6%; 蹄底出血2%

利用育种手段提高健康水平-永恒主题

- 蹄病、代谢病、繁殖疾病、乳房疾病等
 - 重要性: 毋庸置疑, 不敢轻视但选择指数中.....
 - 1987年北欧NTM中嵌入健康综合指数, 1-3胎5类80多种健康问题记录: 早期繁殖疾病 (胎衣不下等)、后期繁殖疾病、酮病、其他代谢病 (产褥热等)、肢蹄病
- 担心: 遗传力低 (乳房炎5%, 其他2-8%), 遗传进展慢、小
- 北欧进展曲线表明: 2003年之前维持 (未下降!)、2003-2007缓慢进展、2007后快速进展!
- 多国在行动!

1
Early reproductive disorders

2
Late reproductive disorders

3
Ketosis

4
Other metabolic disorders

5
Limb & Hoof disorders

利用育种手段提高健康水平-永恒主题

- 蹄病、代谢病、繁殖疾病、乳房疾病等
 - 进展: 疾病症状及诊断、记录标准化; 遗传机制研究, 相关常规性状遗传力高、数据量大; 基因组选择↑选择准确性高数倍
 - 选育策略: 单独发布小指数, 各显神通、推陈出新
 - 2016年ABS围产期指数, TransitionRight™, 3种健康问题, 分为1-5星级 (5星vs1星: 乳房炎7%、子宫炎6%、酮病4%, \$200/胎)
 - 2016.12 CDN代谢病抗性指数 (MDR), 3品种、青年+经产, 酮病50%、亚临床酮病 (BHB) 25%和真胃移位25%, 2007年起记录, 2014年研究, F/P+头胎情况; gMDR仅发布荷斯坦牛, MDR10点差距=5.5%亚临床酮病、2%酮病、2%LDA
 - 2018.8 CDCB健康指数(HTHS): 6种疾病, 2.3%加入NM\$(1980s)
 - 2020.4 ABS 健康指数 Health index (AHI): 8种奶牛管理常见疾病的育种值, 经济加权后形成指数; 青年母牛生活力、双胎率
 - 荷兰CRV 管理性状指数: 6.5个性状

Traits Within ABS Health Index

General Health

利用育种手段提高长寿性-生产效率

▶ **长寿性(存活力):**

- ✓ **关注泌乳牛:** 生产寿命 (是否校正奶量)、在群寿命、产奶寿命、某阶段内存活率、剩余存活率 (residual survival)、间接长寿性 (CDN, CRV)
 - 澳大利亚剩余存活率指数: 病症、女儿难产、代谢病及疾病易感性等与存活率有关, 但没有包括在ABV中的部分; 2019.4 从ABV中去除, 增加了其他部分权重; **独立指数!**
 - 1994年US开始长寿性评估, 间接选择健康; 2016.8 US公布母牛长寿性
- ✓ **关注非泌乳牛:** 犊牛、青年牛生活力 survival/livability
 - 2016年Viking: 后备牛存活率YSS, 包括公犊和母犊育种值; 两阶段 (幼龄-第一个月; 后期-公犊6月龄, 母犊15月龄)
 - ABS: AHI包含在健康指数中; CRV: 管理性状中包含
 - Vit, Rzcalffit: 在德国选择指数中占5.7%
 - CDCB: 2020.12, US发布后备母牛生活力预测, $\mu=4\%$, $\sigma=0.5\%$; take 1% in NMI(2021)

▶ **本组结果:**

- 泌乳牛生产寿命2.5-2.8; 后备牛离群比例21.2% (前100天风险高)遗传水平呈缓慢下降

选育目标的认识经常微调

挪威红牛育种目标中各权重变化趋势

▶ **需求/基础、研发、新技术、再认识: 1970s开始选育繁殖力!**

▶ **ICC指数: Ideal Commercial Cow™ index?**

- Production Efficiency (PREFS), Health (HLTHS), Fertility and Fitness (FYFTS), Milking Ability (MABLS) and Calving Ability (CABLS).

利用育种手段提高妊娠期长度-生产效率

▶ **妊娠期长度-2020.4 AU**

- 问题: 澳大利亚奶业季节性配种, 配种季节末期妊娠母牛不易融入正常循环; 妊娠期短, 有利于缩短干奶期 (产奶时间延长)、延长产后恢复时间 (季节性配种)、缩短分娩时间、提高繁殖力
- 基础: 荷兰奶牛妊娠期长度265-297天, 存在遗传变异, 公牛育种值极端可达-11天 (女儿可遗传-5.5天); 丹麦、荷兰和新西兰公牛短于澳大利亚和北美公牛; 国家内存在变异
- 拓展: 利用基因组预测, 可以选择妊娠期短的母牛
- 可靠性: 10个女儿, 公牛REL=70%; 利用配种和分娩的现场记录数据
- 选育策略: 单独评估, 独立选择, 不影响种公牛排名

▶ **本组结果:** 与配公牛的妊娠期长度育种值范围-9~+5天; 公牛遗传水平-5~+4天; 综合利用与配公牛及母牛的组合

通过选择公牛繁殖力小幅提高繁殖效率

▶ **ABS(2015):Real World Data® sire fertility; AU(2016):semen fertility**

- 机制: 公牛繁殖力受公牛与配能力遗传水平及精液质量 (环境) 的共同影响, REL90%≈2100次配种; **不仅仅是预测, 结合实际配种数据**
- 影响: AU(首次CR: +8%~-5%; 大部分±2.5%); ABS(CR: 33%vs31%)
- 发布公牛繁殖力预测结果的要求: AU (400次配种后); ABS (4群250次配种后, 4星及5星要求公牛配种1,000次以上)
- 选育策略: 单独公布; 独立选择

▶ **本组结果: 与配公牛CR存在可遗传变异($\sigma_{EBV} = 4.15\%$, -31%~+29%)**

10% 平均繁殖力高2-3个百分点
20%
40% 中等繁殖力
20%
10% 平均繁殖力低2-3个百分点

利用育种手段奶牛耐热应激能力

▶ **热应激: 很热, 损失大, 放牧, 但性状难以定义/广泛测定、机制复杂**

▶ **2017.12 AU 公布热应激耐受能力指数 (Heat Tolerance ABV)**

- 均值100, 标准差5, 105→热应激条件下产奶量下降幅度低5%

▶ **结合环境THI信息和DHI数据: REL=38%**

▶ **耐热应激个体的表现如下:**

- 采食量更高 (1.2公斤/天); 奶产量更高 (较基础值减少5%)
- 体温更低 (0.6°C); 呼吸频率更低 (10次/分钟); 皮肤温度更高 (1.7°C)

▶ **本组奶牛热应激耐受能力研究结果:**

- 3个生理指标(3-5万条记录)最直接, h^2 0.02-0.6; 构建选择指数
- 遗传环境互作研究: 繁殖、DHI等性状可用于评估热应激耐受能力

性状及指数育种值的友好表达方式

▶ **原尺度、原单位、定义→优的方向?**

- SCC: 千、万
- 难产: 易产?
- 体型: 髋节位置、乳房深度、体高

▶ **SCC: 高不利、低有利**

- RBV_{SCS}: $\mu=100$, $\sigma=5$; **越高越好**

▶ **MDR: 代谢病抗性指数**

- $h^2=7\%$; $\mu=100$, $\sigma=5$; **越高越好**

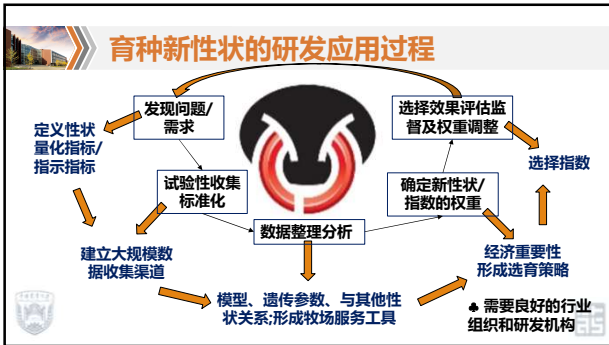
▶ **AHI: 健康指数**

- $\mu=100$, $\sigma=5$; **越高越好**: 5分↑=成本\$38.5↓

▶ **体型健康**

Combined SCS RBV	Standardized Units	Difference in Average Daughter SCC*		
		1st Lact.	2nd Lact.	3rd Lact.
115	3.00	-48,800	-99,600	-122,800
110	2.00	-48,800	-72,300	-89,600
105	1.00	-27,500	-39,800	-49,300
100	0.00	0	0	0
95	-1.00	+32,100	+48,800	+60,100
90	-2.00	+70,300	+107,900	+133,800
85	-3.00	+108,500	+180,400	+223,300

* Compared to the average SCC of daughters from a sire with RBV of 100.



饲料效率-feed efficiency ⇒ 效益

- ▶ 字面：单位饲料（干物质基础）转化（为牛奶）效率；测定费用高
 - 途径：营养平衡、选择产奶量；产奶量提高，维持营养需要被稀释⇒效率↑； $h^2=0.28$
- ▶ 早期尝试直接选择：饲料转化率高的个体，体重较小
- ▶ 逐步认识：比预期饲料消耗量节省的个体-剩余采食量，residual feed intake
- ▶ 进入基因组选择时代后，各国纷纷开始了选育实践-环保意义显著：
 - 2014年荷兰CRV干物质采食量：降碳足迹- CO_2 eq/kg FPKM, Planet Proof milk, 12 cent/kg, 饲料转化率(2017)，维持需要指数(2019)进入NVI=省料量！
 - 2016年澳大利亚：Feed Saved ($h^2=0.2-0.3$, $REL=0.35$, $SD_s=77$ kg)，产奶量相同前提下，每头奶牛维持需要每年节省100kg干物质以上；利用体型数据估计维持需要，饲料采食量用于计算剩余采食量(生长+产奶)；采食量联合参考群包括澳洲+荷兰+英国；
 - 美国：2019-2024，Improving dairy feed efficiency, sustainability, and profitability by impacting breeding and culling decisions

丹麦（视觉识别）、加拿大、英国、法国、美国

环保⇌效率

- ▶ GreenFeed：测定单个动物甲烷（ CH_4 ）+二氧化碳（ CO_2 ）；可选氧气（ O_2 ）和氢气（ H_2 ）的气体通量
- ▶ 自动记录+汇总
- ▶ 提供少量颗粒料为诱饵，以诱使动物每天多次访问，记录气体排放数据

放牧形式

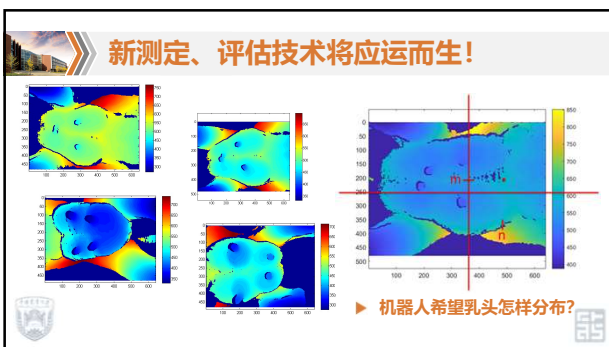
- 适用于断奶后不同年龄、体重的牛只或者其他大型动物的代谢气体
- CO_2 流量 > 1,000 g/d
- CH_4 流量 > 60 g/d
- ~20头/台
- 2018-2022年挪威建立更平衡的选育体系

<https://www.c-lockinc.com/researchers/products/greenfeed-large-animals>

新性状应该进入选育视野！

- ▶ 群体遗传水平：需要解决的问题vs可以利用的机遇？
 - Farmers moved from seeing genetics as "part of the problem" to being a key "part of the solution".

新性状承载积累和成果
新性状代表选育新机遇



基因组技术应用10年后的畅想

基因组选择改变行业：公牛选择和使用、遗传进展、基因组测定趋势；未来会怎样？

- ▶ 奶农之前未重视的，具有经济或社会重要性的性状
- ▶ 性控、体外授精等繁殖技术扩大应用，鼓励肉牛冻精的应用
- ▶ 广泛利用基因组选配技术，利用DNA信息加强选育的同时保持遗传多样性
- ▶ 种牛培育行业的重组和并购，最终世界上保留少数跨国育种公司
- ▶ 个体DNA信息带来显著的附加优势，例如自动亲子鉴定、自动记录以及奶畜、相关产品的自动追溯

CDN. 2019 Brian Van Doormaal, Chief Services Officer, Lactanet

表型为王 phenotype is the king!



采食行为指数 蹄部健康指数 妊娠期长度指数
 快速挤奶指数 国产期健康指数 长寿指数 高智力指数
 乳房健康指数 高繁殖力指数 高效生长指数
 机器人管理指数 健康综合指数 高效转化指数 产肉量指数
 基因组选配 亲子认证 高效繁殖
 看斯坦牛 娟姗牛 北欧红牛 爱尔夏牛

感谢各国种牛培育单位积极支持

- ▶ 挪威基诺Geno
- ▶ 荷兰CRV
- ▶ 法国GD
- ▶ 澳大利亚Australia Genetics
- ▶ 加拿大CDN、Semex
- ▶ 美国CDCB、WWS、ABS、CRI
- ▶ 丹麦Viking genetics
- ▶ 德国vit、诺丁林

参考网站信息

- ▶ <https://www.uscdcb.com>
- ▶ <https://www.cdn.ca/>
- ▶ <https://datagene.com.au>
- ▶ <https://www.absglobal.com/>
- ▶ <https://www.vikinggenetics.com/>
- ▶ <https://www.crv4all-international.com/>
- ▶ <http://genex.crinet.com/dairy/>
- ▶ <http://www.sires.com/>
- ▶ <https://www.c-lockinc.com/researchers/products/greenfeed-large-animals>
- ▶ https://gallery.mailchimp.com/8ccb582cddd7741308943b0fa/files/RWD_Spread_from_Directory.pdf

谢谢@_@



王雅春
 中国农业大学
 邮箱: cowinfo@qq.com
 微信: 94584116