

吴珍芳,蔡更元,刘珍云,等.温氏 WS501 猪配套系培育与应用[J].华南农业大学学报,2019,40(S):11-18.

WU Zhenfang, CAI Gengyuan, LIU Zhenyun, et al. Breeding and application of Wens WS501 swine synthetic line [J]. Journal of South China Agricultural University, 2019, 40 (S):11-18

# 温氏 WS501 猪配套系培育与应用

吴珍芳<sup>1,2</sup>, 蔡更元<sup>1,2</sup>, 刘珍云<sup>2</sup>, 刘敬顺<sup>2</sup>, 李娅兰<sup>2</sup>, 武亮<sup>2</sup>, 李紫聪<sup>1,2</sup>,  
杨明<sup>2</sup>, 王青来<sup>2</sup>, 罗旭芳<sup>1,2</sup>

(1 国家生猪种业工程技术研究中心/华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642;  
2 广东温氏种猪科技有限公司, 广东 新兴 527400)

**摘要:**本研究的目的是培育具有高效、高产以及大体重上市特点的配套系肉猪,以满足华南、华东、华中等地区的生猪市场需求。以数量遗传学和分子遗传学理论为指导,按照专门化品系和配套系的育种理念,采用来自国内外的瘦肉型猪种质资源,结合常规育种和分子育种方法,培育出由 5 个专门化品系组成、以高繁殖力和适合大体重上市为主要特点的温氏 WS501 猪配套系。三系配套母本 W352 繁殖性能好,母猪头胎和经产总产仔数分别为 12.86 和 13.10 头,产活仔数分别为 11.71 和 12.00 头,初生窝重分别为 14.59 和 15.96 kg。五系配套生产的 WS501 肉猪校正 100 kg 背膘厚 11.0 mm,达 100 kg 体重日龄 147 d,30~100 kg 日增重 1 004 g,饲料转化率 2.12,100 kg 体重胴体瘦肉率 65.8%,变异系数小于 10%。WS501 配套系肉猪肌肉发达、生长快、饲料转化率高、瘦肉率高、肉质优良,适合大体重上市,综合经济效益好。该配套系种猪可以在我国规模化养猪生产中广泛应用。

**关键词:**猪;配套系;五元杂交

## Breeding and application of Wens WS501 swine synthetic line

WU Zhenfang<sup>1,2</sup>, CAI Gengyuan<sup>1,2</sup>, LIU Zhenyun<sup>2</sup>, LIU Jingshun<sup>2</sup>, LI Yalan<sup>2</sup>, WU Liang<sup>2</sup>,  
LI Zicong<sup>1</sup>, YANG Ming<sup>2</sup>, WANG Qinglai<sup>2</sup>, LUO Xufang<sup>1,2</sup>

(1 National Engineering Research Center for Breeding Swine Industry/College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Guangdong Wens Breeding Swine Co., Ltd., Xinxing 527400, China)

**Abstract:** The goal of this study is to breed a swine synthetic line with the characteristics of high efficiency, high productivity and large body weight for marketing. Guided by the theory of quantitative genetics and molecular genetics, we adopted the method of combining conventional breeding with marker assisted selection to breed a swine synthetic line named WS501, which consisted of five specialized lines with high productivity and large body weight for marketing, from domestic and abroad germplasm resources. High reproductive performance were observed in W352 sows, indicating that the average litter size of first-born and multiparous sows were 12.86 and 13.10 respectively, the number born alive were 11.71 and 12.00 respectively, and the litter birth weight were 14.59 and 15.96 kg respectively. Testing results of WS501 commercial pig showed that the adjusted back fat thickness at 100 kg was 11.0 mm, the time to reach 100 kg body weight was 147 d, the average daily gain from 30 to 100 kg was 1 004 g, feed conversion ratio was 2.12, carcass lean percentage at 100 kg body weight was 65.8%, and the variation coefficient of these traits were below 10%. W501 commercial pig has the characteristics of muscularity, fast growth, high feed conversion ratio, high lean percentage and good meat quality. It is suitable for

收稿日期:2019-08-18

作者简介:吴珍芳(1970—),男,教授,博士,E-mail:wzffemail@163.com

基金项目:863 计划(2011AA100304);广东省科技计划(2011A020102003)

marketing at large body weight, and good comprehensive economic benefit can be obtained. It can be widely used in large-scale pig production in China.

**Key words:** pig; synthetic line; five-way cross

我国是世界上养猪生产和猪肉消费第一大国,生猪出栏量和猪肉消费量均占世界总量的一半左右。90 年代以来,市场上对肉品的需求以优质瘦肉为主,同时我国规模化养猪快速兴起,饲养瘦肉型猪成为主流。自主培育适合我国养殖条件、满足我国市场需求的瘦肉型种猪,对于保障国家生猪种业安全、促进养猪业可持续发展有重要意义。以华南农业大学为技术支撑、广东温氏种猪科技有限公司为育种主体,利用 13 年时间,完成了育种核心群组建、专门化品种选育、配合力测定等工作,筛选出生产性能良好、经济效益显著的五系配套肉猪。2015 年,温氏 WS501 猪配套系通过国家畜禽遗传资源委员会审定(农业部公告第 2342 号)。该配套系的培育促进了我国的种猪育种和养猪生产,配套系种猪及其饲养技术可以广泛应用于我国的养猪生产中。

商品猪生产需要兼顾效率、效益和品质,并满足不同区域批发商、消费者的差异化需求。因此,专门化品种选育和配套系杂交是规模化养猪发展的必然选择。温氏食品集团 1997 年开始养猪,2005 年培育出四系配套的“华农温氏 I 号猪配套系”并通过国家审定,支撑了温氏食品集团养猪业务的快速发展和壮大,也为我国规模化养猪的发展提供了种源。但是“华农温氏 I 号猪配套系”存在繁殖性能一般、不适合大体重上市等不足,随着温氏食品集团养猪业务全国布局的推进,已不能满足全国各区域市场的差异化需求,迫切需要培育繁殖性能更好、适合大体重上市、生产效率更高的新配套系。1998—2015 年,温氏食品集团先后在全国建成了 8 个种猪分公司和 22 个原种猪场,存栏纯种基础母猪达到 2.8 万头,选育了 12 个瘦肉型猪专门化品种,为新配套系的培育提供了良好的种质资源和育种基地条件。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

父 I 系 S11 系,为父系父本,以源于法国 Hybrides 和 Nucleus 公司的皮特兰种猪为主要育种素材;父 II 系 S22 系,为父系母本,以 2006 年从加拿大 DGI 公司引进的杜洛克种猪为主要育种素材。母 I 系 W62 系,为母系母本,以从法国 Hybrides 公司和北京养猪育种中心引进的大白种猪为主要育种素材;母 II 系 W52 系,为母系第一父本,以从法国 Hy-

brides 公司和北京养猪育种中心引进的长白种猪为主要育种素材;母 III 系 W51 系,为母系第二父本,以“华农温氏 I 号配套系”的长白 HN151 系以及从丹育和广西柯新源公司引进的长白种猪为主要育种素材。

### 1.2 方法

1.2.1 育种方向和目标 新配套系主要面向华南、华东、华中等我国大部分市场,以高产、高效、大体重上市为育种方向,同时兼顾优质、适应性。根据配套系培育方案实施时种群情况和市场需求,制定了如下专门化品种选育目标和配套系选育目标。

专门化品种选育目标:培育 5 个以上各具特点的种猪专门化品种,用于筛选最优杂交组合的肉猪生产配套系,建立种猪生产繁育体系。父系种猪选育目标重点突出体型骨架、瘦肉生产效率和胴体品质,群体应激基因频率控制在 0.15 以内;母系种猪重点突出繁殖力、生长效率和体型等。各专门化品种具体选育性能指标略。

配套系商品肉猪 WS501 育种目标如下。1) 体型外貌:体型高长,骨架大,头型清秀,背宽,收腹良好,前后躯发达、丰满,皮毛大多为白色、少数带花斑点,群体一致性好。2) 生长发育:在养猪农户饲养条件下,商品肉猪 30~115 kg 日增重 830 g,达 115 kg 体重时背膘厚 13 mm,30~115 kg 饲料转化率 2.70。3) 胴体品质:达 115 kg 体重屠宰时,屠宰率 75%,眼肌面积 40 cm<sup>2</sup>,瘦肉率 63%,肉色评分 2.5~3.5,无 PSE 肉或 DFD 肉。

1.2.2 育种技术路线 对温氏集团拥有的多个专门化品种进行全面的种质资源评价,选择 5 个在性能特点上符合配套系育种方向的专门化品种,作为五元杂交配套系的各个功能组件来进行重点选育。在市场调研的基础上,制订各专门化品种和配套系的育种目标,组建育种基础群。各专门化品种均采用开放式核心群群体继代选育法,开展大规模的性能测定,以 BLUP 方法估计育种值并按经济加权合成选择指数,结合分子标记进行种猪选择。采取高选择强度留种、控制近交、精细化选配、核心群快速更新等技术措施,加快遗传进程。品种选育进入稳定阶段后,开展杂交组合试验和配合力测定。注重纯系选育提高和配套杂交利用效果,有效控制群体应激基因频率,并建立配套系肉猪生产技术体系。

采用体细胞克隆、低剂量深部输精等技术手段加大配套系的中试推广应用。详见本期“P1~10”。

**1.2.3 性能测定和遗传评估** 按照育种目标确定主选性状,针对各专门化品系的主选性状及相关性状建立性能测定方法,对生长、繁殖、体型外貌、胴体等主选性状指标进行性能测定。生长性状测定指标包括达 115 kg 日龄(DAY)、30~115 kg 日增重(ADG)、30~115 kg 饲料转化率(FCR)、达 115 kg 活体背膘厚(BF)、达 115 kg 活体估测肌内脂肪含量(IMF)、达 115 kg 活体眼肌面积(LMA)等;繁殖性状测定指标包括产仔数(TBN)、活仔数(NBA)、健仔数(HBN)、死胎数、木乃伊数、弱仔数、初生重、初生窝重、21 日龄断奶头数、21 日龄断奶窝重(LW<sub>21</sub>)、乳头数等;体型外貌性状测定指标包括体长、体高、体型评分等;胴体和肉质性状指标包括瘦肉率、骨率、皮脂率、胴体背膘厚、胴体眼肌面积、腿臀比例、肉色评分、大理石纹评分、肌内脂肪含量、系水力、pH 值等。饲料转化率测定主要针对父系猪,胴体和肉质测定主要采取同胞测定获取部分数据,对全群遗传缺陷进行跟踪记录。

所有种猪性能测定数据采用计算机管理,性能测定的表型值经过校正后用于主选性状的遗传评估,对 30~115 kg 日增重、达 115 kg 背膘厚、达 115 kg 眼肌面积、30~115 kg 饲料转化率、体型评分、产总仔数、活仔数、健仔数和 21 日龄窝重共 10 个指标估计育种值。采用多性状动物模型进行遗传评估,用 REML 方法估计性状的方差组分,用最佳线性无偏估计法(BLUP)估计个体性状育种值。

生长性能育种值估计模型为:

$$y_{ijklm} = \mu_i + h_{ysij} + l_{ik} + a_{ijklm} + e_{ijklm},$$

式中,  $i$ : 第  $i$  个性状( $1 = \text{ADG}$ ,  $2 = \text{BF}$ ,  $3 = \text{LMA}$ ,  $4 = \text{FCR}$ (父系猪),  $5 = \text{终测体型评分}$ );  $y_{ijklm}$ : 个体生长性能的观察值;  $\mu_i$ : 总平均数;  $h_{ysij}$ : 出生时场年季性别固定效应;  $l_{ik}$ : 窝组随机效应, 服从  $(0, I \sigma_l^2)$  分布,  $\sigma_l^2$ : 窝组方差;  $a_{ijklm}$ : 个体随机遗传效应, 服从  $(0, A \sigma_a^2)$  分布,  $A$  指个体间亲缘关系矩阵,  $\sigma_a^2$  为个体加性遗传方差;  $e_{ijklm}$ : 随机剩余效应, 服从  $(0, I \sigma_e^2)$  分布,  $\sigma_e^2$ : 随机误差方差。

繁殖性能育种值估计模型为:

$$y_{ijkl} = \mu_i + h_{yspij} + a_{ijkl} + p_{ijkl} + e_{ijkl}$$

式中,  $y_{ijkl}$ : 第  $i$  个性状的观察值( $1 = \text{TBN}$ ,  $2 = \text{HBN}$ );  $\mu_i$ : 总平均数;  $h_{yspij}$ : 母猪产仔时场年季胎次等固定效应;  $a_{ijkl}$ : 个体的随机遗传效应, 服从  $(0, A \sigma_a^2)$  分布,  $A$  指个体间亲缘关系矩阵;  $p_{ijkl}$ : 母猪永久环境效应, 服从  $(0, I \sigma_p^2)$  分布,  $\sigma_p^2$  为母体永久环境效应方

差;  $e_{ijkl}$ : 随机剩余效应, 服从  $(0, I \sigma_e^2)$  分布,  $\sigma_e^2$  为随机误差方差。

**1.2.4 种猪选留和选配** 父系 S11 和 S22 以生长肥育、胴体为主选性状, 兼顾体型外貌和肉质, 其中, S11 注重瘦肉率、饲料转化率、应激和体型的选择, S22 注重生长速度、饲料转化率和大骨架体型选择; 母系 W51、W52 和 W62 以繁殖、生长肥育为主选性状, 兼顾体型和适应性, 其中, W62 注重产仔数、健仔数、高长体型和肢蹄结实度的选择, W51 注重体型、背膘厚和眼肌面积的选择, W52 注重产仔数、健仔数和高长体型的选择。不同的专门化品系采用各自相应主选性状的育种值, 结合该性状经济加权系数, 制订综合选择指数。根据各品系选育目标, 后备种猪依据综合选择指数和现场评估来进行选留。综合选择指数有 3 个: 父系指数、繁殖指数以及由前 2 个指数合成的母系指数。3 个指数的计算公式如下:

$$\text{父系指数} = 100 + \text{SD} \times [W_1 \times \text{EBV}_{\text{ADG}}/\text{SD}_{\text{ADG}} + W_2 \times \text{EBV}_{\text{BF}}/\text{SD}_{\text{BF}} + W_3 \times \text{EBV}_{\text{LMA}}/\text{SD}_{\text{LMA}} + W_4 \times \text{EBV}_{\text{FCR}}/\text{SD}_{\text{FCR}}],$$

$$\text{繁殖指数} = 100 + \text{SD} \times [W_5 \times \text{EBV}_{\text{TBN}}/\text{SD}_{\text{TBN}} + W_6 \times \text{EBV}_{\text{HBN}}/\text{SD}_{\text{HBN}} + W_7 \times \text{EBV}_{\text{LW21}}/\text{SD}_{\text{LW21}}],$$

母系指数 =  $Y_1 \times \text{父系指数} + Y_2 \times \text{繁殖指数}$ , 式中,  $\text{SD}$ 、 $\text{SD}_{\text{ADG}}$ 、 $\text{SD}_{\text{BF}}$ 、 $\text{SD}_{\text{LMA}}$ 、 $\text{SD}_{\text{FCR}}$ 、 $\text{SD}_{\text{TBN}}$ 、 $\text{SD}_{\text{HBN}}$ 、 $\text{SD}_{\text{LW21}}$  分别为总体、日龄、背膘厚、眼肌面积、饲料转化率、产仔数、健仔数和 21 日龄窝重的标准差;  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 、 $W_4$ 、 $W_5$ 、 $W_6$ 、 $W_7$  分别为日增重、背膘厚、眼肌面积、饲料转化率、产仔数、健仔数和 21 日龄窝重的经济加权值;  $\text{EBV}_{\text{ADG}}$ 、 $\text{EBV}_{\text{BF}}$ 、 $\text{EBV}_{\text{LMA}}$ 、 $\text{EBV}_{\text{FCR}}$ 、 $\text{EBV}_{\text{TBN}}$ 、 $\text{EBV}_{\text{HBN}}$ 、 $\text{EBV}_{\text{LW21}}$  分别为日增重、背膘厚、眼肌面积、饲料转化率、产仔数、健仔数和 21 日龄窝重的估计育种值。

选配上, 在育种初期采用避免全同胞交配的随机配种, 各血缘公猪保障与配母猪在 5 头以上, 注意各血缘间配种均衡。育种过程中以同质选配为主、异质选配为辅。采用电脑选配和人工跟踪相结合, 监控家系的动态, 及时调整各家系的繁殖比例, 种猪留种时要求注意公母、家系或血缘结构之间的平衡。

**1.2.5 分子标记辅助选择** 根据不同基因特性, 对质量性状或阈性状选留有利基因型、淘汰不利基因型, 对数量性状建立 GBLUP 一步法, 将基因标记育种值与性状表型估计育种值并入选择指数, 用于现场选种。如与 PSE 劣质肉相关的氟烷基因(Hal)、与体长和产肉量相关的肋骨数基因(VNTR)和与水肿病发生率相关的 a-1 岩藻糖转移酶基因(FUT<sub>1</sub>), 采取淘汰不利等位基因型的方法来培育无

应激和水肿病抗性的皮特兰种猪新品系;与群体整齐度和瘦肉率相关的类胰岛素生长因子 2 基因 (*IGF<sub>2</sub>*) 具有父系印迹特性,采取选留有利基因型来积累父本的有利基因型等。通过引进 Illumina 高密度基因芯片,到研发基于简化基因组测序分型技术和自主创制高密度基因芯片等,开展种猪全基因组选择技术研究和应用,以提高种猪选种的准确性,实现早期选种。

## 2 结果与分析

### 2.1 专门化品系的选育

2.1.1 家系选择演变和近交情况 各专门化品系组建基础群时共有 80 个血统,在选育过程中共引进 10 个血统,淘汰了 40 个血统,2014 年底还剩 50 个优秀血统。*S11* 系原有 9 个血统,2009 年又从法国引进 4 个血统,相继淘汰了 4 个血统,还剩 9 个血统;*S22* 系原有 18 个血统,相继淘汰了 8 个血统,还剩 10 个血统;*W51* 系原有 12 个血统,引入 6 个血统,相继淘汰了 8 个血统,还剩 10 个血统;*W52* 系原有 20 个血统,相继淘汰了 10 个血统,还剩 10 个血统;*W62* 系原有 21 个血统,相继淘汰了 10 个血统,还剩 11 个血统。血统淘汰的原则是根据各血统相关亲属以及自身生产性能的高低、体型外貌与品系特征是否相符等。各专门化品系 *S11*、*S22*、*W51*、*W52* 和 *W62* 的平均近交系数分别为 2.10%、0.95%、1.64%、1.62% 和 1.45%。

2.1.2 生产性能遗传进展变化趋势 至 2014 年,各专门化品系主要经济性状的平均值全部达到了育种目标要求,繁殖性状指标产仔数、活仔数、健仔数、21 日龄窝重的变异系数均在 20% 以下,生长性状指标校正日增重、背膘厚、眼肌面积、饲料转化率的变异系数均在 10% 以下,且符合育种指标要求的个体在 70% 以上,即  $(u - \bar{X})/S < -0.524$ , 表明群体遗传一致性好。

各专门化品系 2002—2014 年的遗传进展见图 1。从图 1 中可看出,各专门化品系种猪日增重逐年提高,背膘厚逐年下降;产仔数在 2003 年前有下降趋势,之后逐步上升;21 日龄窝重则经过 2 年波动后,也逐步增加。这一遗传评估的结果与育种过程中的主选性状相符。

2.1.3 分子标记辅助选择 为了加强肉质、繁殖等性状的遗传改良,在专门化品系选育过程中建立并应用了分子育种方法。先后开展了 *HAL*、*VNTR*、*ESR*、*IGF2*、*FUT1*、*MC1R* 和 *ASIP* 基因等单基因或多标记聚合的分子标记辅助选择。建立基于高密度 SNP 芯片和简化基因组测序的种猪全基因组选择技

术,并率先应用于 *S22* 系杜洛克种猪选育。配套系育成时,*S11* 系 *HAL* 不利等位基因 *n* 频率从 20.81% 下降至 13.09%,*S22* 系无 *n* 等位基因;*W52* 系和 *W51* 系 *VNTR* 基因 *Q* 优势等位基因频率分别上升至 79.15%、100.00%;*W52* 系雌激素受体基因 *B* 等位基因频率由 12.24% 提高到 48.62%;*S22* 系 *IGF2* 优势等位基因 *A* 频率从 74.45% 上升至 85.39%;*S11* 系 *FUT1* 基因优势等位基因 *A* 频率从 44.5% 上升到 66.05%。

### 2.2 专门化品系配合力及配套系筛选

2.2.1 母系 通过综合评估品系特性,2009 年起选择以 *W51*、*W52* 和 *W62* 为母系资源,开展专门化母系组合的筛选工作。经过综合考虑,确定 5 种组合的杂交母猪进行试验,分别为 *W211* (*W51* × *W61*)、*W212* (*W51* × *W62*)、*W362* [*W62* × (*W51* × *W61*)]、*W351* [*W51* × (*W52* × *W62*)]、*W352* [*W52* × (*W51* × *W62*)]。在相同条件下,在华农温氏皇宫猪场对这 5 种杂交组合母猪的繁殖性能、体型外貌、生长发育性能进行比较,筛选出较好组合后进行中试。试验表明,*W352* 初产、经产产仔数分别为 12.31 和 12.53 头,活仔数分别为 10.97 和 11.47 头,相比其他组合产仔性能优势较明显。*W352* 系猪体长最长,达 132.57 cm,有效乳头数较多,达 14.62 个。*W352* 系猪 30~100 kg 日增重 868.3 g,背膘厚 13.23 mm,相对其他组合生长速度较快,但背膘略为偏厚。综合评价,*W352* 系母猪体型高长,适合肉猪大体重上市要求,而且在繁殖力和生长速度方面的优势明显,背膘适中,所以最终选择 *W51* 作为第一父本、*W52* 作为第二父本进行配套生产三元杂交种母猪 *W352*。经农业部种猪质量监督检验测试中心(广州)检测,*W352* 母猪头胎和经产的产仔数分别为 12.86 和 13.10 头,活仔数分别为 11.71 和 12.00 头,初生窝重分别为 14.59 和 15.96 kg。

2.2.2 父系 通过综合评估品系特性,选择以 *S11*、*S21*、*S22* 为父系资源,开展专门化父系组合的筛选工作。经过综合考虑,初步选择 *S122* (*S11* × *S22*) 和 *S121* (*S11* × *S21*) 2 种组合用于生产终端父本,并与 *S11*、*S22*、*S21* 纯系公猪的生长发育性能进行性能测定比较,筛选合适的终端父本。试验表明,*S122* 公猪达 115 kg 日龄 157.1 d,30~115 kg 日增重 954.30 g,30~115 kg 饲料转化率 2.09,115 kg 背膘厚 14.35 mm,115 kg 体长 113.54 cm,在生长速度、饲料转化率、体长方面占有明显优势,更适合市场对大体型肉猪的需求。而且 *S22* 应激敏感基因频率为 0,*S11* 通过分子标记辅助选择后应激敏感基因频率控制在 14% 以内,*S122* 公猪完全无应激,对提

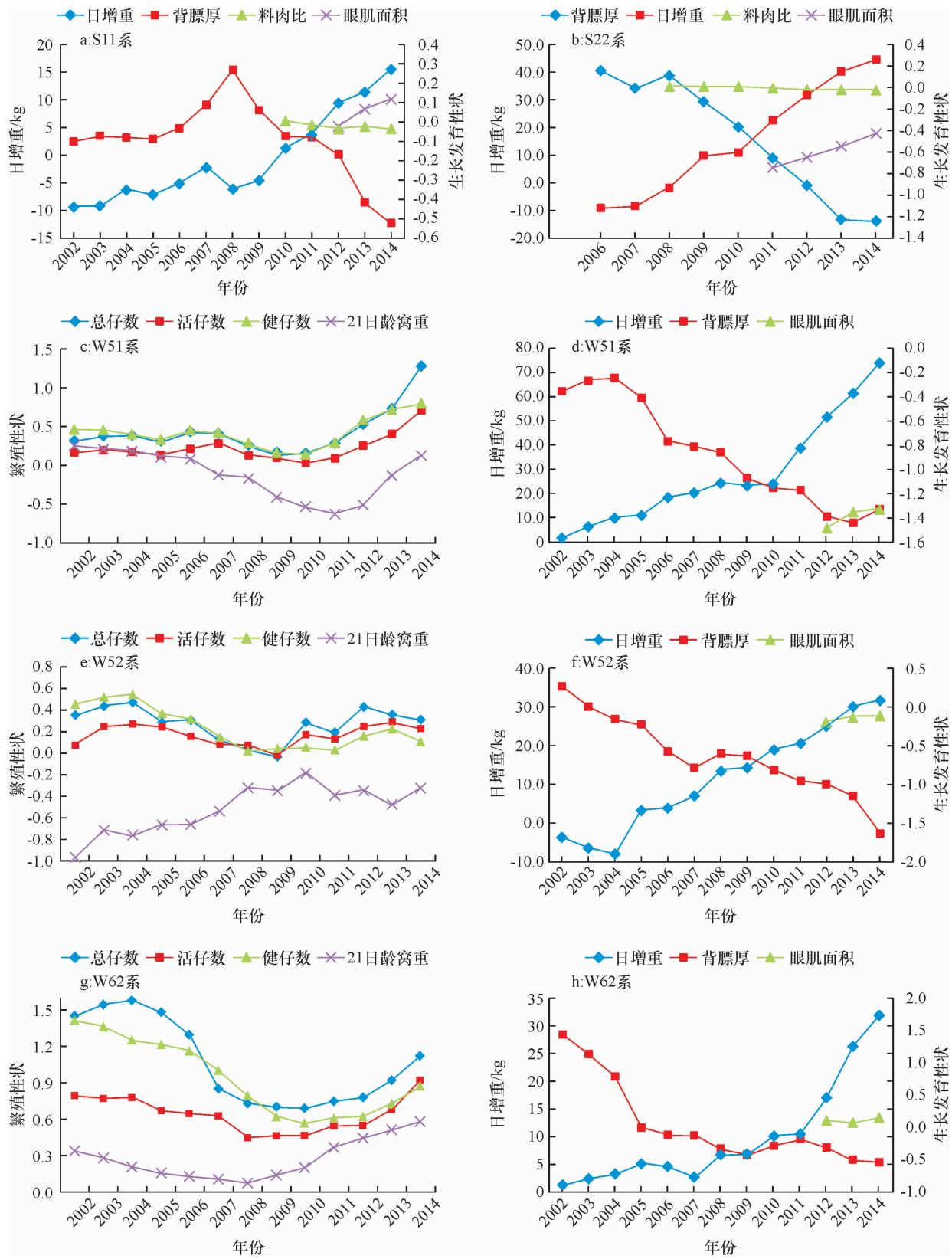


图 1 2002—2014 年各专门化品系生长发育性状和繁殖性状变化趋势

高配套系肉猪的肉质有明显效果。

**2.2.3 配套系** 根据上述分别筛选出的父系和母系组合结果, 测定 S122、S121 与三系母猪 W352 的配合力, 将 S122 和 S121 这 2 种终端公猪与 W352 三系母猪配种, 对杂交后代肉猪的体型和生长发育性能

进行测定。S122 与 W352 配套生产的肉猪命名为 WS501, S121 与 W352 配套生产的肉猪命名为 WS502。在华农温氏苍城猪场和桂粤公司闸岗种猪场进行达 115 kg 日龄、达 115 kg 时背膘厚、达 115 kg 时体长、30~115 kg 饲料转化率等指标的测定, 并在

终测时对体型外貌进行评分,结果如表 1~4。从表中可以看出,WS501 在体长、生长发育性状、屠宰性能和肉质上都比 WS502 有优势,尤其是饲料转化率和商品猪的体长方面有明显优势。因此,通过综合

比较,选择以 S11 和 S22 杂交生产终端公猪 S122,以 W52、W62 和 W51 杂交生产三系母猪 W352,组装成五元杂交配套系,配套杂交模式为(S11 ♂ × S22 ♀)♂ × [W52 ♂ × (W51 ♂ × W62 ♀)♀]♀。

表 1 两种终端公猪与三系母猪杂交肉猪的体型外貌评分情况

地点	配套系	数量/头	体长/分	肌肉/分	收腹/分	总体/分
苍城	WS501	99	7.67	7.68	7.46	7.66
	WS502	92	7.43	7.71	7.51	7.53
闸岗	WS501	146	7.66	7.74	7.35	7.62
	WS502	144	7.41	7.50	7.22	7.25

表 2 两种终端公猪与三系母猪杂交肉猪的生长性能测定

地点	配套系	数量/头	体长/cm	校正 115 kg 背膘厚/mm	校正 115 kg 日龄/d
苍城	WS501	99	112.5	13.96	164.2
	WS502	92	108.1	13.85	169.6
闸岗	WS501	146	114.2	14.12	158.3
	WS502	144	110.3	14.22	164.8

表 3 两种终端公猪与三系母猪杂交肉猪的饲料转化率测定

地点	配套系	数量/头	始测总体重/kg	终测总体重/kg	总耗料/kg	饲料转化率
苍城	WS501	113	3 579.4	11 347.8	19 187.9	2.47
	WS502	108	3 260.8	10 720.9	18 575.6	2.49
闸岗	WS501	157	5 432.5	15 611.9	24 947.5	2.45
	WS502	153	5 296.7	15 085.4	24 204.8	2.47

表 4 两种终端公猪与三系母猪杂交肉猪屠宰性能的情况

地点	配套系	数量/头	体直长/cm	背膘厚/mm	屠宰率/%	瘦肉率/%	眼肌面积/cm <sup>2</sup>	肉色/分	大理石纹/分	滴水损失/%
苍城	WS501	24	97.8	20.31	76.9	65.3	50.4	3.11	2.37	1.897
	WS502	24	95.4	20.12	77.5	65.4	49.7	2.89	2.24	2.148
闸岗	WS501	28	98.1	20.47	76.9	64.9	52.9	3.03	2.33	2.473
	WS502	28	94.3	20.84	76.4	64.7	53.2	2.78	2.17	2.129

表 5 2 个猪场不同配套肉猪杂交优势情况

地点	组别	配套系	校正 115 kg 日龄/d			杂种优势率 <sup>1)</sup> /%
			本身	公	母	
苍城	A	WS501	164.2	168.2	172.8	-3.70
	B	WS502	169.6	171.1	173.7	-1.62
闸岗	A	WS501	158.3	164.2	172.3	-5.91
	B	WS502	164.8	167.1	173.4	-3.20

1) 杂种优势率 = (2 × 本身性能 - 父亲性能 - 母亲性能) ÷ (父亲性能 + 母亲性能) × 100%

以本身及其父母的校正 115 kg 日龄计算杂种优势率,结果见表 5。从表 5 可以看出,2 次试验 WS501 系肉猪校正 115 kg 日龄的杂种优势率分别为 -3.70% 和 -5.91%,比 WS502 系肉猪校正 115 kg 日龄的杂种优势率分别高 2.08 个百分点和 2.71 个百分点。

通过以上配合力测定试验可以看出,WS501 配套系肉猪与 WS502 配套系肉猪相比,其在体型高

长、生长速度、饲料转化率、肉色及大理石纹、大体重上市方面有优势。现场观察 WS501 系配套肉猪体型高长,头腮较小,背宽,肌肉紧凑,收腹良好,群体一致性好。饲养 WS501 系配套肉猪具有更好的经济效益。

### 2.3 不同配套肉猪性能比较

为了比较温氏不同配套系特点,做好不同市场的需求规划,开展了不同配套系肉猪性能对比试验。

五系配套肉猪来源于桂粤公司羊头猪场,命名为 WS501 组;华农温氏 I 号猪配套系四系配套肉猪来源于桂粤公司蒲塘二场,命名为 WS401(原称 HN401)组;杜长大三元杂交肉猪来源于广东省某大型优质瘦肉型猪苗生产企业和华农温氏英州分公司,分别命名为 SH301 组和 WS301 组。试验采用全自动种猪生产性能测定系统、B 超背膘测定制仪、实验屠宰线等测定设备,比较了 WS501、WS401、SH301 和 WS301 这 4 种肉猪在生长性能及肉质性能方面的表现。结果显示 WS501 在 115 kg 上市时相比 WS401、SH301 和 WS301 在饲料转化率上有明显优势,充分说明 WS501 能在较大的经济体重下上市,更符合大体重市场的需求。具体数据详见本期“P60~65”。

## 2.4 WS501 肉猪中心测定结果

经农业部种猪质量监督检验测试中心(广州)检测,WS501 肉猪校正 100 kg 背膘厚 11.0 mm,眼肌面积  $41.8 \text{ cm}^2$ ,达 100 kg 日龄 147 d,30~100 kg 日增重 1 004 g,30~100 kg 饲料转化率 2.12。WS501 肉猪屠宰率 76.37%,瘦肉率 65.8%,腿臀比例 32.5%,校正背膘厚 23.21 mm,校正眼肌面积  $51.81 \text{ cm}^2$ 。

## 3 讨论与结论

培育配套系生产商品肉猪是高效养猪的必然选择<sup>[1]</sup>。配套系育种通过选育各具特色的专门化品系,开展多品系杂交生产商品肉猪,比较不同配套效应,实现各品系遗传潜能的最大发挥,达到养猪效益最大化。在猪配套系育种上,育种方案、育种目标、基础群组建、选育技术和品系选育等是育种成功的关键。

### 3.1 育种方案

总体思路是选择 4 个瘦肉型猪品种,培育 5 个各具特色的专门化品系,通过杂交试验筛选出五元杂交种猪新配套系。将种猪体型外貌、生长、胴体品质、繁殖力和适应性等五类重要经济性状共 25 个选育指标,分解到 5 个品系中进行改良。与传统三元杂交体系对比,育种目标更集中,遗传进展更快。选育的品系多,看起来育种的代价大,但对于大规模育种,实际育种成本会更低,可用较小的代价开展一品种多品系选育,实现“一品种多配套”,更容易适应多元化产品的市场要求;也可将二元杂交及三元杂交产品灵活作为商品猪或父母代种猪使用,降低制种成本。

### 3.2 育种目标

育种目标主要根据产品面对的特定市场需求制

定,有地域特点,同时考虑当下市场需要,兼顾长远。影响猪经济价值的性状很多,需要根据不同品种猪的配套功能,确定主选性状,但在单一品系中选育目标不宜过多。育种目标和品系特征需要相对稳定,不同品系的育种目标要相对有所侧重。不应因为市场需要瘦肉型猪,而把所有品系的育种目标都转向高瘦肉率。在多性状选择上,根据群体的选择效果,主选性状和次选性状有必要进行阶段性调整。

### 3.3 基础群组建

更多的血统增加后代的多样性,使得选择空间和产生优良后代的几率增大。基础群的个体选择应以特征相似、性能优良归类为宜。群体组建初期,根据选育目标,组建具有相似性能特征的群体,品系来源无需更多关注,但对于组建的个体需要有完整的系谱记录。另外,作为一个新的育种场组建基础群,引种来源不受限制,可以多方考察,对于符合引种需求的种猪均可引进,而不一定国外引种就是好的,目前国内很多选育的种猪质量和国外相差不大,尤其是经过多年本土选育,在适应性方面可能更具优势。引种完全依靠“拿来主义”,认为没有国外的引种就没有好的基础群,不重视选育的做法是不可取的<sup>[2]</sup>。本配套系中 5 个专门化品系,群体组建来源丰富,可以更好地为以后的选育提供更大的选择潜力。

### 3.4 选育技术

传统的选育方法是开展个体性能测定,依据表型测定数据进行 BLUP 遗传评估,结合性状的经济重要性制订综合选择指数,以指数高低选择种猪个体。但这种方法对难以测定或低遗传力性状,如肉质、饲料报酬、繁殖力和抗性等,难以取得好的遗传进展,也不能实现早期选种。同时品系的主选性状越少,遗传进展快,一定选择程度后性能再提高难度大,近交系数上升快,遗传缺陷发生的几率大幅提高,出现选择的“天花板效应”,要求对性状选择的准确性更高。这些都迫切需要从分子水平开展个体选择,以提高选育的准确性和遗传改良效率。从大效基因位点的单标记,到多位点标记,到基于种猪全基因组信息的个体选择是近十年来的研究热点,也取得了很好的成效。种猪全基因组选择是基于基因信息的选种,不需后续的表型性状测定,准确性更高、能实现早期选择。其研究的关键是建立基因-表型数据库,技术核心是建立低成本的全基因组 SNP 分型技术和基于基因信息的育种值估计方法。近年我们自主创制了瘦肉型种猪育种高密度基因芯片和分析方法,用于基因组 SNP 分型和育种值估计,该基因芯片包含 56 380 SNPs 位点,与国外同类产品对比,基因组中 SNP 分布均匀,在国内主要瘦

肉型猪品系中均有良好的多态性,增加了重要候选基因和重组热点区域标记密度,含多组探针检测重要致因突变,大大降低了应用成本。与传统BLUP法对比,日增重、瘦肉率、饲料转化率、产仔数和活仔数的选择准确性分别提高了6.2%、14.9%、4.2%、24.3%和22.2%。

为提高选育效果,当前多是结合表型育种数据和基因组分子信息进行遗传评估,需要建立收集、集成海量表型数据、系谱、分子信息的大数据分析平台,实现多点、远程、实时的种猪个体遗传评估,指导现场选种和选配。种猪选育技术是需要生物技术与信息技术结合的典型案例。随着种猪群体表型和分子信息的不断积累,主要基于分子信息的种猪个体早期选择已经成为现实,能有效减少种公猪的饲养测定数量,降低育种成本。

### 3.5 品系培育

首先要定位好各个专门化品系在种猪新配套系体系中的作用,分解改良性状的相对重要性以及具体的主选、次选和观察性状。在种猪个体选择上,除根据选择指数选留种猪外,现场选种环节同样重要,骨架、肢蹄、生殖器官发育、遗传缺陷等都需要实现独立淘汰。育种目标是生产更多瘦肉,种猪的体型大小与载肉量密切关联。因此本项目采用“一优先、两同步”策略,即父系种猪优先改良体型骨架,同步改良产肉效率和肉质性状;母系种猪优先改良体长,同步改良繁殖效率和生长性能。

为更好适应市场多元化需求,生产多个配套系产品,采用相对固定母系、培育更多父系父本的策略。如本项目除形成五元杂交猪配套系外,还形成了另外的三元和四元杂交配套系产品。部分品系也按“兼用品系”用途选育,且不同品系可选育少数共同家系,即可以存在“交叉家系”。在品系群体的代次传递上,采用开放的群体继代选育法,允许少数优秀个体多代次使用,可适当近交,三代选育后可吸收少数优良外来血缘个体进入选育群。这些都有效降低了育种成本,提高了育种效率。

### 3.6 选配方法

本研究培育的专门化品系,在选配方面,主要以同质选配为主、异质选配为辅。同质选配能够巩固和加强公母猪双方相同的优良性能,可使得这种优良的性状稳定遗传给后代,并不断地累积增加这种优良性状的基因频率,从而提高整个群体的性能,这种选配方法,对低遗传力性状如繁殖性能方面的选育效果明显<sup>[3-4]</sup>。同时,通过异质选配的方法,提高群体的综合性能,改良多个性状选择时,使得性状表现不平衡的个体后代得到平衡改良。种猪核心育种

群想要达到理想的选配效果,必须要进行精细化选配,综合做好精细化的同质选配和异质选配,而不仅仅是对近交的控制。

### 3.7 杂交组合及配套系的筛选

通过配合力测定筛选最优的杂交组合是育种终极评估的必要过程。配合力测定可以是一个广义的概念,从品系内、品系间到品种间,再到配套系的杂交效果。大部分配合力测定需要做杂交组合试验,但是,对品系特点的了解大部分是在日常育种工作的观察中,仅仅需要补充少量的验证过程,即是喻传州<sup>[10]</sup>所提的“配合力检验”。另外,有些会在不同的品种间做正反杂交的配合力测定,如吴钟秀<sup>[11]</sup>开展的以大河猪为基础亲本,与长白、苏白以及巴克夏猪正、反杂交的配合力测定试验。本研究以多年的瘦肉型猪配套系选育经验,提前确定亲本的品种,同品种但不同品系的配套杂交开展配合力测试,筛选最优组合,再通过不同父本对最优母系配套杂交配合力测试,筛选出最佳的商品肉猪配套系。这种方法的目的性强,减少了配套组合的数量,降低了试验成本。在华农温氏I号猪配套系中也应用了此种筛选方法<sup>[2]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 王爱国.实施配套系育种战略,增强种猪市场竞争力[J].中国畜牧杂志,2005,41(7):3-5.
- [2] 吴珍芳.华农温氏I号猪配套系的选育与应用[J].中国畜牧杂志,2006,42(16):54-58.
- [3] 王琳.同质选配在种猪选育的应用[J].中国猪业,2017(6):72-74.
- [4] 胡金平.种猪的选种和选配[J].中国猪业,2016(9):50-52.
- [5] KNAP P W, van der STEEN H A M, PLASTOW G S. Developments in pig breeding and the role of research [J]. Livest Prod Sci, 2001, 72(1/2):43-48.
- [6] 熊胜利,龙清孟,陈大芳,等.杜洛克种猪抗腹泻新品系选育研究[J].养猪,2017(4):49-52.
- [7] 杨明. *MUC13*、*FUT1* 基因在2个种猪核心群中的分子标记辅助选择研究[J].华南农业大学学报,2015,36(6):1-8.
- [8] 杨明.氟烷基因在皮特兰猪群体中的分子标记辅助选择研究[J].华南农业大学学报,2018,39(6):1-4.
- [9] 辛向博.抗应激系种猪的选育[J].黑龙江畜牧兽医,2017,7(上):100-102.
- [10] 喻传州.刍议猪配套系[J].猪业在线,2005(11):58-59.
- [11] 吴钟秀.猪杂交优势利用研究:大河猪配合力测定[J].云南畜牧兽医,1983(Z1):6-9.