

猪杂交繁育体系最优化研究

王楚端 张沅

(中国农业大学动物科技学院, 北京 100094)

摘要: 应用确定性模型模拟了包含大白猪、长白猪、杜洛克及汉普夏共4个品系64个繁育体系的生产效率(每头母猪的利润)。结果表明,经济效率最高的3个繁育体系是汉普夏×(大白猪×长白猪)、汉普夏×(长白猪×大白猪)及汉普夏×(大白猪,长白猪)rot。在特定的繁育方法内,繁育体系的效率随着亲本品种数量的增加而增加;亲本品种数量固定时,终端杂交繁育体系的效率高于终端轮回杂交,而终端轮回杂交繁育体系的效率又高于轮回杂交繁育体系;同时亲本品种组分对繁育体系的生产效率具有重要作用。

关键词: 猪; 杂交繁育体系; 最优化

中图分类号: S813.22

不同品种由于选择目标及培育环境的差异而形成独特的种质特性。猪种间的遗传差异是提高养猪生产效率的重要遗传资源。这主要通过推广优良猪种、杂交生产、培育改良猪种等途径实现^[1]。杂交繁育的优点可归纳为以下几点^[2]:①利用不同品种之间的遗传互补性,②产生个体杂种优势,③产生母体杂种优势,④均衡品种效应,⑤应用环境资源的互补性,⑥有利于降低生产成本,⑦有利于提高遗传变异性,减小近交增量。杂交繁育在动植物生产中得到广泛应用,猪、禽、肉牛、肉羊的生产中杂交繁育都占很大比例,只有毛用羊和奶牛的生产由于有优秀的品种而主要应用纯种繁育^[3]。

现有的试验表明,不同品种及其杂种后代在不同的性状上表现各有优缺点,很难用生产性能进行比较,而适于用经济指标进行评价。因为在商业化的环境中,唯一合适的育种目标是经济效率的最大化^[4]。由于时间及经济因素的限制,人们不可能通过试验测定所有繁育体系的生产效率,而只能用杂交参数预测那些未能进行测定的生产体系的经济效率。计算机模拟技术使得上述过程可以迅速可靠地在众多的品种及繁育方法中实现^[5]。Savicky^[6](1993)描述了一个评估繁育体系效率的确定性生物经济学模型。本文利用这个模型模拟包括大白猪、长白猪、杜洛克及汉普夏4个品种的64个繁育体系的生产效率,提出适合我国市场生产条件的靠近养猪生产体系。

1 理论与方法

1.1 模型 一个繁育体系可以定义为维持商品猪群所需的所有纯种及杂种子系统的联合体,每个子系统由某一特定基因型群体及其双亲组成,其结构用子系统后备母猪头数的比例来衡量。例如,杜洛克×(大白猪×长白猪)包括纯种群杜洛克、大白猪、长白猪及二元杂种大白猪×长白猪加上三元杂种杜洛克×(大白猪×长白猪)等5个子系统构成。模型的输入包

括杂交参数、生产管理体系参数及市场经济学参数;输出包括繁育体系的结构、各子系统的生产性能的预测值、系统的经济效率等。模型描述的性状包括母猪的使用胎次、母猪年产胎次、窝活仔数、哺乳期仔猪成活率、生长肥育期仔猪成活率、每胎母猪的成活率、青年母猪的配种率、仔猪断奶重、生长肥育期日增重、生长肥育期饲料转化效率及出栏猪瘦肉率。

1.2 杂交参数 杂交参数是预测杂种后裔生产性能的依据,这些参数包括:①群体的加性效应(g)分为父本的群体效应(g^P)、母本的群体效应(g^M)、直接的群体效应(g^L),②杂种优势效应(h),分为父本的杂种优势(h^P)、母本的杂种优势(h^M)、直接的杂种优势(h^L),③其他效应,如外祖母的群体效应,外祖母的杂种优势及重组损失等^[1]。这些参数具备群体及性状特异性,且受环境的影响^[7],其估计一般基于 Dickerson^[1,8]的杂交效应模型进行。这4个品种的杂交参数来自: Sellier^[9]对欧洲猪杂交实验的综述, Johnson^[10]对北美州猪杂交实验的总结, Wilson 等^[11]、 McLaren^[12]对这几个品种的杂交实验资料的分析结果。总结文献资料得到的各生产性状杂交参数列于表1。

表1 杂交参数及生产性状育种群体平均值*

Table 1 The crossbreeding parameters and the population mean value for economic traits

性状 Trait	平均值 Mean value	组分 Component	群体效应* Population effects				杂交效应 Heterosis
			g^H	g^D	g^Y	g^L	
Lf	4.500	mat.					0.200
X2	1.050	mat.	-0.050	-0.050	0.050	0.050	
LSBL	9.400	dir.	-0.400	-0.400	0.400	0.400	0.282
		mat.	-0.400	-0.400	0.400	0.400	0.750
S1	0.900	dir.	-0.023	-0.023	0.023	0.023	0.043
		mat.	-0.023	-0.023	0.023	0.023	0.093
S2	0.960	dir.	-0.010	-0.010	0.010	0.010	0.010
S	0.900	mat.					0.030
X7	0.950	pat.					0.023
		mat.					0.031
W2	25.000	dir.					1.000
		mat.					2.000
W3	90.000						
DAG	0.760	dir.	0.014	0.030	-0.020	-0.025	0.079
		mat					-0.003
F2	3.200	dir.					-0.200
DRS	0.770						
ELMP	0.580	dir.					0.005

* g^H, g^D, g^Y, g^L 为汉普夏、杜洛克、大白猪、长白猪的群体效应; Lf: 母猪寿命; X2: 每年产仔胎数; LSBL: 窝活仔数; S1: 仔猪哺乳育仔期成活率; S2: 生长肥育猪成活率; S: 母猪成活率; X7: 头胎母猪受孕率; W2: 生长猪体重; W3: 出栏猪体重; DAG: 生长肥育期日增重; F2: 生长肥育期饲料转化效率; DRS: 出栏猪屠宰率; ELMP: 胴体瘦肉率; dir.: 直接效应; mat.: 母畜效应; pat.: 公畜效应。

g^H, g^D, g^Y, g^L : the breed effects of Hampshire, Duroc, Yorkshire and Landrace, respectively; Lf: lifetime of sows; X2: No. of farrowing per year; LSBL: litter size born alive; S1: weaning rate; S2: survival rate for finishing pigs; S: survival rate for sows; X7: conception rate in the first age class; W2: weaning weight; W3: live weight for slaughter pigs; DAG: daily gain during the finishing period; F2: feed conversion efficiency; DRS: dressing out percentage; ELMP: estimated lean proportions; dir.: direct effects; mat.: maternal effects; pat.: paternal effects.

1.3 杂交后代生产性能的预测,根据 McLaren^[5],

$$\mu_{ij} = \mu + 0.5 \left(\sum_{i=1}^s k_i g_i^I + \sum_{j=1}^d k_j g_j^I \right) + \sum_{i=1}^s k_i g_i^P + \sum_{j=1}^d k_j g_j^M + \gamma_x \sum_{i \neq j}^{sd} k_i h_{ij}^I \\ + \gamma_x \sum_{j \neq i}^d k_{jj} h_{jj}^M + \sum_{i \neq i'}^s k_{ii'} h_{ii'}^P$$

式中, μ_{ij} : ij 杂交组合预期平均生产性能, i 公猪系下标, j 母猪系下标; μ : 纯种平均生产性能; $k_{i(j)}$: 来自 ith 或 jth 群体的基因比例; g^I : 直接的群体效应; g^M : 母猪的群体效应; g^P : 父体的群体效应; h^I : 直接(子代)的杂种优势; h^M : 母猪杂种优势; h^P : 公猪杂种优势; γ_x : 对于终端杂交 $\gamma_x = 1$; 对于二元、三元、四元轮回杂交 $\gamma_x = 2/3, 6/7, 14/15$; γ_x : 对于二、三、四元杂交, $\gamma_x = \gamma_x$; 对于三元、四元终端杂交 $\gamma_x = 2/3, 6/7$ 。

2 结果与分析

2.1 不同繁育方法的生产效率 如果以纯种繁育体系的生产效率为 100, 则在合成系繁育中, 二元合成、三元合成、四元合成体系的效率分别为 130.0, 140.3, 145.2; 在终端杂交繁育中, 回交、二元杂交、三元杂交及四元杂交繁育体系的效率分别为 141.6, 150.1, 159.1, 171.7; 在常规轮回杂交繁育中, 二元轮回、三元轮回及四元轮回分别为 140.5, 145.0, 152.3; 三元终端轮回与四元终端轮回杂交体系的效率分别为 153.7 及 157.2。由此看出, 对于一定的繁育方法, 繁育体系的平均经济效率随亲本品种数量的增加呈上升的趋势(表 2)。

表 2 猪繁育体系及生产效率
Table 2 Mating systems and production efficiency (RMB/sow)

繁育体系 Mating system	N	平均数 Mean	变异系数 CV%	%
纯繁 Purebreeding	4	2 268.1	30.40	100.0
二元合成 2 breeds updating	6	2 948.9	14.04	129.7
三元合成 3 breeds updating	4	3 181.6	7.76	140.3
四元合成 4 breeds updating	1	3 292.3	0.00	145.2
二元终端杂交 2 way terminal crossing	4	3 403.8	7.46	150.1
回交 Back crossing	4	3 211.4	11.66	141.5
三元终端杂交 3 way terminal crossing	8	3 679.9	8.23	162.2
四元终端杂交 4 way terminal crossing	8	3 703.5	5.51	163.3
二元轮回杂交 2 way rotation	6	3 189.5	12.57	140.6
三元轮回杂交 3 way rotation	4	3 387.9	6.38	149.4
四元轮回杂交 4 way rotation	1	3 455.3	0.00	152.3
三元终端轮回 3 way termi-rotation	6	3 485.2	8.31	153.7
四元终端轮回(纯种公猪) 4 way termi-rotation with purebred boar	2	3 565.7	5.62	157.2
四元终端轮回(杂种公猪) 4 way termi-rotation with crossbred boar	6	3 536.2	5.71	155.9

从表 2 还可以看出, 二元终端杂交繁育体系的平均经济效率(3 403.8 元)比二元轮回杂交繁育体系的效率(3 189.5 元)高 6.71%; 三元终端杂交繁育体系的效率(3 679.9 元)比三元轮回杂交繁育体系的效率(3 387.9 元)高 8.62%, 比三元终端轮回杂交繁育体系的效率(3 485.2 元)高 5.56%; 四元终端轮回杂交繁育体系的效率(3 703.5 元)比四元轮回杂交繁育体系的效率(3 455.3 元)高 7.18%, 比纯种终端父本的四元终端杂交繁育体系的效率

(3 565.7元)高3.86%，比杂种终端父本的四元终端杂交繁育体系的效率(3 536.2元)高4.73%。所以，在亲本群体的数量一定时，终端杂交繁育体系的平均效率高于轮回杂交或终端轮回杂交，终端轮回杂交繁育体系的效率也略高于轮回杂交繁育体系。

2.2 亲本品种对生产效率的影响 表3顺序列出经济效率最高的20个繁育体系，经济效率最高的是汉普夏×(大白猪×长白猪)，其次是汉普夏×(长白猪×大白猪)，两者间经济效率差别微小，皆比对照系经济效率高46.0%。经济效率第三的体系是汉普夏×(大白猪，长白猪)rot，比对照系高41.9%。随后是四个四元终端杂交繁育体系。在这20个经济效率最高的繁育体系中，包括2个二元杂交终端杂交、1个回交繁育体系、6个三元终端杂交繁育体系、4个四元终端杂交繁育体系、1个二元轮回杂交繁育体系、1个三元轮回杂交繁育体系、2个三元终端轮回杂交繁育体系和3个四元终端轮回杂交繁育体系。

尽管二元终端杂交繁育体系的平均经济效率低于其他终端杂交繁育体系(表2)，但汉普夏×大白猪，汉普夏×长白猪两个体系的效率却在20个效率最高的体系中排在第12，13；三元杂交繁育体系的平均效率低于四元杂交，但汉普夏×(大白猪×长白猪)及汉普夏×(长白猪×大白猪)却为所有繁育体系中效率最高的体系。这说明在特定的繁育方法中，亲本的遗传素质及相互之间的配合情况对繁育体系的效率有显著影响，亲本品种(系)的选择十分重要。

表3 生产效率最高的20个繁育体系

Table 3 The most 20 profitable crossbreeding systems

繁育体系 Cross breeding system	G	%	A	%	B	N
1. 汉普夏×(大白猪×长白猪) H×(Y×L)	4 136.6	146.0	92.9	85.8	0.018	0.018
2. 汉普夏×(长白猪×大白猪) H×(L×Y)	4 135.7	146.0	92.9	85.8	0.018	0.018
3. 汉普夏×(大白猪，长白猪) rot H×(Y,L)rot	4 020.4	141.9	94.8	87.5	1.00	0.015
4. (杜洛克×汉普夏)×(大白猪×长白猪) (D×H)×(Y×L)	3 894.7	137.5	95.3	88.0	0.005	0.005
5. (汉普夏×杜洛克)×(大白猪×长白猪) (H×D)×(Y×L)	3 894.4	137.5	95.3	88.0	0.005	0.005
6. (杜洛克×汉普夏)×(长白猪×大白猪) (D×H)×(L×Y)	3 893.8	137.5	95.3	88.0	0.005	0.005
7. (汉普夏×杜洛克)×(长白猪×大白猪) (H×D)×(L×Y)	3 893.5	137.5	95.3	88.0	0.005	0.005
8. (杜洛克×汉普夏)×(大白猪，长白猪)rot (D×H)×(Y,L)rot	3 796.8	134.0	97.0	89.6	1.00	0.002
9. (汉普夏×杜洛克)×(大白猪，长白猪)rot (H×D)×(Y,L)rot	3 796.5	134.0	97.0	89.6	1.00	0.002
10. 汉普夏×(杜洛克，大白猪，长白猪)rot H×(D,Y,L)rot	3 707.3	130.9	100.9	93.2	1.00	0.015
11. (汉普夏，大白猪，长白猪)rot (H,Y,L)rot	3 696.2	130.5	99.2	91.6	1.00	0.012
12. (大白猪，长白猪)rot (Y,L)rot	3 666.1	129.4	95.4	88.1	1.00	0.010
13. 杜洛克×(大白猪×长白猪) D×(Y×L)	3 649.9	128.9	97.8	90.3	0.018	0.018
14. 杜洛克×(长白猪×大白猪) D×(L×Y)	3 649.9	128.9	97.8	90.3	0.018	0.018
15. 汉普夏×大白猪 H×Y	3 628.3	128.1	102.4	94.6	0.072	0.072
16. 汉普夏×长白猪 H×L	3 621.5	127.9	102.4	94.6	0.072	0.072
17. 汉普夏×(杜洛克×大白猪) H×(D×Y)	3 571.4	126.1	104.0	96.0	0.018	0.018
18. 汉普夏×(杜洛克×长白猪) H×(D×L)	3 568.5	126.0	104.0	96.0	0.018	0.018
19. 杜洛克×(大白猪，长白猪)rot D×(Y,L)rot	3 553.3	149.1	99.7	92.1	1.00	0.015
20. 汉普夏×(汉普夏×大白猪) H×(H×Y)	3 537.4	124.8	103.6	95.7	0.018	0.018
大白猪×大白猪 Y×Y	2 832.5	100	108.3	100	1.00	1.00

*G1: 每头母猪的利润(元/母猪); A: 每生1 000头出栏猪所需的母猪头数; B: 自己提供后备猪的子系统比例; N: 育种群比例。

Note: G1: the profit per sow; A: number of sows needed for 1 000 slaughter pigs; B: the percentage of the sub-systems which self-supplies replacements; N: the percentage of nucleus populations.

3 讨论

商品畜禽的四元配套杂交最早应用于鸡,它是仿照玉米双杂交的繁育体系建立的。但是畜禽育成近交系比玉米要困难得多,特别是在大家畜中,在近交过程发生严重退化,所以商品畜的生产成本太高。目前所谓纯系的选择很少用高度近交的方法,而是应用闭锁群的家系选择,甚至采用更为快速有效的合成系方法,由于纯系的纯度不高,四系配套的商品畜就出现分离现象,很难达到双交种玉米那样高的杂种优势。在四系配套中需要维持四个纯系和两个单交系,汉普夏系只能利用公畜,杜洛克系只能应用母畜,而汉普夏系中的母畜和杜洛克系中的公畜都浪费了。在饲养能力固定情况下,减少纯系数可以增加每一纯系的选择强度^[13]。

在终端轮回杂交繁育体系中,终端父本的育种值估计只能在纯种群体内进行。轮回杂种母畜的选择效率也比较低。轮回杂种母猪的选择问题还有待解决^[14]。在这种体系中,遗传改进主要通过终端公畜的选择来实现。所以,目前就杂种生产性能的提高来说,终端轮回杂交不是最优化的体系。终端杂交繁育体系在育种上具有优势。专门化品系中,对不同性状各有侧重,然后通过合理的组合取得最佳经济效益,其中纯种及杂种的性能皆可以用来估计个体的育种值,甚至可以进行杂种选择^[14]。

在选择杂交繁育体系时,除了考虑遗传性能外,应对具体的生产市场条件、畜群规模、管理水平、不同体系的复杂程度以及引种造成防疫的风险加以重视。

参 考 文 献

- 1 Dickerson G E. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Animal Breeding Abstracts*, 1969,37:191~202
- 2 Kinghorn B P. The theory of breed utilisation. In: Proceedings of "Design of Livestock Breeding Program". Australia: University of New England,1993,187~203
- 3 Nitter G. The theory of breed utilization. In: Proceedings of "Design of Livestock Breeding Program". Australia: University of New England. 1993,206~210
- 4 Christensen L G. Breeding Strategies. Proceedings of the '5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 1994,8:233~235
- 5 McLaren D G, Buchanan D S, Williams J E. Economic evaluation of alternative crossbreeding systems involving four breeds of swine; I. The simulation model. *J Anim Sci*, 1987,65: 910~918
- 6 Savicky J. CS—a PC program for the design of crossbred production systems. In: Proceedings of "Design of Livestock Breeding Program". Australia: Univeristy of New England, 1993,211~220
- 7 Sang J H. Hybrid vigor and anim. *Prod Animal Breeding Abstracts*. 1956,24(1):1~6
- 8 Dickerson G E. Inbreeding and heterosis in Animals. In Proceeding of Anim Breed Genetic Symposium in Honour of Dr. J L Lush. Amer. Soc. Anim. Sci. Champaign, IL,1973,54~57
- 9 Sellier P. Selecting Population for use in Crossbreeding. *Livestock Production*. 1976,3,203.
- 10 Johnson R K. Crossbreeding in Swine;Experimental Results. *J Anim Sci*, 1981, 52(4):907~923
- 11 Wilson E R, Johnson R K. Comparisons of mating systems with duroc, hampshire and yorkshire breeds of swine for efficiency of swine production. *J Anim Sci*, 1981,52(1):26~36

- 12 McLaren D G, Buchanan D S, Williams J E. Economic evaluation of alternative crossbreeding systems involving four breeds of swine: I. System efficiency. *J Anim Sci*, 1987, 65: 919~928
- 13 吴常信. 畜禽商品生产中配套系的新动向. *中国畜牧杂志*, 1986, (2): 52~53
- 14 Wei M, Witon J W, Kennedy B W. Strategies and problems relative to genetic improvement in a multibreed population. *Proceedings of the 5th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*. 1994, 17: 516~519

Study on the Optimization of Crossbreeding Systems for Pigs

Wang Chuduan Zhang Yuan

(College of Animal Science and Technology, CAU, Beijing 100094)

Abstract: A deterministic model was used to calculate the production efficiency (RMB/sow) of 64 possible mating systems involving Yorkshire, Landrace, Duroc and Hampshire. The results show that the 3 most efficient crossbreeding systems are Hampshire \times (Yorkshire \times Landrace), Hampshire \times (Landrace \times Yorkshire) and Hampshire \times (Yorkshire, Landrace)rot. Generally, within a particular mating system, the profitability goes up with the increasing number of nucleus breeds; and when the number of nucleus breeds fixes, terminal crossbreeding systems are more profitable than the termin-rotational crossbreeding system, and termin-rotational crossbreeding systems are more profitable than the rotational crossbreeding systems. The combination of breeds is critical for the ranks of the crossbreeding systems.

Key words: pig; crossbreeding system; optimization