

DOI: 10.3724/SP.J.1005.2009.00791

家畜合成群体保留杂种优势的预测与培育效果评价

刘文忠

山西农业大学动物科技学院, 太谷 030801

摘要: 合成群体是由两个或多个组分品种培育的一个品种, 旨在不与其他品种杂交就可利用杂种优势, 因而被认为是利用杂种优势的一种替代方法。合成群体培育的成效在于其保留杂种优势的高低。文章综述了家畜合成群体保留杂种优势、相对生产效率和生产性能的预测及其培育效果的评价方式。合成群体包含了所有类型的杂种优势, 只要避免近交, 就可以保持一定的杂种优势。其高低取决于参与杂交的品种数目和所占血缘比例。合成群体的生产性能取决于各组分品种的育种值和保留杂种优势。合成群体的培育效果可通过理论预测、估计实际保留杂种优势、考察群体的遗传变异或者与有关品种比较等方式加以评价。

关键词: 家畜; 合成群体; 保留杂种优势; 生产性能; 培育效果

Prediction of retained heterosis and evaluation on breeding effects of composite livestock populations

LIU Wen-Zhong

College of Animal Science and Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China

Abstract: A composite population is a breed made up of two or more component breeds and designed to benefit from hybrid vigor without crossing with other breeds, and is thus regarded as an alternative method for heterosis utilization. The breeding effects depend on retained heterosis in livestock composites. This paper reviews prediction methods of retained heterosis, relative production efficiency and production performance, and evaluation methods of breeding effects of composite populations. A composite population contains all three types of heterosis. If inbreeding can be avoided, it can retain heterosis to a certain extent. The retained heterosis depends on the number of contributing breeds and their proportions in the composite. The production performance rests both on average breeding values of contributing breeds and on retained heterosis of the composite itself. Breeding effects of composite population can be evaluated by theoretical prediction, actual estimation of retained heterosis, examination of genetic variation and/or comparison with other relevant breeds.

Keywords: livestock; composite population; retained heterosis; production performance; breeding effects

合成群体是由两个或多个组分品种培育的一个品种, 旨在不与其他品种杂交就可利用杂种优势进行繁育的群体^[1]。合成群体培育的基本思路源于商品家畜生产中通过杂交繁育对杂种优势和品种间遗

传互补性的利用。与杂交繁育体系相比, 合成群体不但可以利用杂种优势, 同时简化了繁育体系, 因而被认为是利用杂种优势的一种替代方法^[2]。尽管杂交繁育体系可获得更高的杂种优势, 但为杂交提

收稿日期: 2009-01-05; 修回日期: 2009-03-24

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划课题(编号: 2008BADB2B04-8), 山西省科技攻关项目(编号: 011029)资助

作者简介: 刘文忠(1968-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 数量遗传与动物育种。Tel. 0354-6285986; E-mail: tglwzyc@yahoo.com.cn

供亲本的纯种的维持费用也很高,特别是对于低繁殖力的畜种。这也是培育能够自群繁育的含有多个纯种遗传组成的合成群体的一个重要原因^[3]。实际上,合成群体的培育已成为肉牛^[4,5]、奶牛^[6]、绵羊^[7,8]、猪^[9]和家禽^[10]育种的一个重要组成部分,为商品畜产品的生产提供种畜。关于合成群体的概念、理论基础、以绵羊为例的培育方法和利用方式已由刘文忠^[11]加以综述。作者认为,培育和利用肉用绵羊合成群体是快速提高我国绵羊生产水平的重要途径,同时也有利于保护现有品种的遗传资源。

合成群体培育的成效在于合成群体中保留杂种优势(Retained heterosis, RH)的高低,这不但取决于合成群体中所含组分品种的数目和比例^[1],还取决于杂交方式和育种群规模等因素^[11]。本文拟就家畜合成群体保留杂种优势、相对生产效率和生产性能的预测及其培育效果的评价方式作一综述,旨在为新的家畜合成群体的培育提供实验设计、杂交方式、效果评价等方面的参考。

1 杂种优势的类型

杂种优势可分为个体杂种优势、母本杂种优势和父本杂种优势 3 种类型,并在不同杂交方式及由此培育的合成群体中以不同程度表现。

1.1 个体杂种优势

个体杂种优势是指纯种母畜哺育的杂种后代与纯种母畜哺育的纯种后代的相对性能。主要表现在杂种后代生活力提高、死亡率降低、生长速度快等方面。对于低或中等遗传力性状,所有杂交方式都可产生一定的个体杂种优势,因此,所有的合成群体都利用了个体杂种优势。在杂交繁育体系中,二元杂种只可能表现个体杂种优势。但对于合成群体,从自群繁育阶段开始,还可利用一定的母本和父本杂种优势。世界上许多合成品种是利用二元杂交方式培育而成的,如南非培育的杜泊(50%有角道塞特、50%黑脸波斯)绵羊品种^[12]、摩洛哥培育的DS绵羊(50% D'man、50% Sardi)合成品种^[13]、法国培育的INRA 401 绵羊(50% Berrichon du Cher、50% Romanov)合成系^[14]以及美国培育的含有婆罗门牛血缘的多个肉牛合成品种^[15]: Braford(5/8 海福特、3/8 婆罗门)、Braford(1/2 海福特、1/2 婆罗门)、Red

Brangus(5/8 红色安格斯、3/8 婆罗门)、Red Brangus(3/4 红色安格斯、1/4 婆罗门)、Simbrah(5/8 西门塔尔、3/8 婆罗门)等等。

1.2 母本杂种优势

母本杂种优势可表示为生产杂种后代的杂种母畜与生产杂种后代的纯种母畜的相对性能,表现为杂种母畜具有繁殖力高、泌乳力强、母性好、体质强健、易饲养、使用寿命长等特点。母本杂种优势必须是在母本是杂种的杂交体系中得以表现,如商品家畜生产中,母本为二元杂种的三元杂交以及双杂交体系等。以母本为二元杂种的三元杂交方式培育的合成群体如南非培育的Afrino绵羊合成品种^[16]、Leymaster^[17]报道的绵羊终端父本合成群体等。

1.3 父本杂种优势

父本杂种优势可表示为生产杂种后代的杂种公畜与生产杂种后代的纯种公畜的相对性能。主要表现在杂种公畜较纯种公畜具有性成熟早、性欲强、射精量较大、精液品质好、受胎率高、抗逆性强、寿命长等特点。父本杂种优势必须在父本为杂种的杂交体系中得以表现。如以杂种公畜为父本的三元杂交以及双杂交体系等。

由于公、母畜对后代性能的影响程度不均等,幼畜由母畜产生、哺育和提供养分,而从受精之后,公畜几乎对后代没有直接影响,因此,在实际的杂交繁育体系中,通常忽视父本杂种优势的利用,如常用的三元杂交多是以纯种公畜为父本。以父本为二元杂种的三元杂交方式培育合成群体报道更少,一个典型的例子是由法国Pen Ar Lan育种公司培育的中欧Tiameslan猪的合成系。该合成系是利用嘉兴黑猪×梅山猪的F₁ 代公猪与来自Laconie品系的多胎母猪杂交培育而成的^[18,19]。

Polypay是利用双杂交模式由美国培育的一个绵羊合成品种^[20]。杂交母本分别为兰布列和塔基羊,其特点是抗逆性强、体型大、繁殖季节长、合群性和被毛品质好。道塞特和芬兰羊分别作为父本,前者的优点是胴体品质好、泌乳性好、繁殖季节长;后者则是世界上繁殖性能最好的绵羊品种,具有性成熟早、产后发情快、产羔率高等特点。以道塞特和塔基羊的杂种作为父本,以芬兰羊和兰布列的杂种

为母本，采用双杂交模式产生双交种。双杂交后代自群繁育形成Polypay合成品种，各组分品种的血缘在合成品种中均占 25%。因此，上述 3 种杂种优势类型在Polypay绵羊培育过程中都加以了利用。合成群体的公、母畜源于多个组分品种，严格地说均为“杂种”。因此，如同双杂交产生的杂种，合成群体包含了所有类型的杂种优势。

2 合成群体保留杂种优势的预测

根据Dickerson^[21]的报道，当各组分品种对合成群体的遗传贡献不等时，合成群体保留的F₁ 代的杂种优势与 $(1-\sum_{i=1}^n p_i^2)$ 成比例，其中， p_i 为第*i*个组分品种对合成群体的遗传贡献，即在合成群体中所占的血缘比例；*n*为参与杂交的品种数。预测合成群体的保留杂种优势可用下式^[1]表示：

$$\hat{RH} = (1 - \sum_{i=1}^n p_{s_i} p_{d_i}) F_1 H$$

或

$$\% \hat{RH} = (1 - \sum_{i=1}^n p_{s_i} p_{d_i}) \times 100 \tag{1}$$

式中， $\hat{RH}$ 为保留杂种优势的预测值(单位与性状的单位相同)； p_{s_i} 和 p_{d_i} 分别为公畜和母畜中第 *i* 个品种所占的血缘比例； $F_1 H$ 为两个品种杂交获得的 F₁ 代杂种优势； $\% \hat{RH}$ 为保留的杂种优势率。

由于合成群体的公、母畜具有一致的品种组成，

公畜中某一特定品种的比例 (p_{s_i}) 与母畜中该品种的比例 (p_{d_i}) 相等。这样，对于合成群体：

$$\hat{RH} = (1 - \sum_{i=1}^n p_i^2) F_1 H \text{ 或 } \% \hat{RH} = (1 - \sum_{i=1}^n p_i^2) \times 100 \tag{2}$$

式中， p_i 为合成群体中第 *i* 个组分品种所占的血缘比例。

当每个组分品种对合成群体的贡献完全相同时，保留的杂种优势等于 $(n-1)/n$ ^[21]。Lauprecht^[22] 提出了一种三品种合成群体培育方法，利用该方法培育的合成群体，每个组分品种的贡献相同，即各占 1/3 的比例，则这样的合成群体中保留的杂种优势为 66.7%。

作为杂种优势利用的一种替代方法，通常将合成群体与其他杂交体系加以比较，以说明不同繁育体系的优越性。根据(2)式可计算出不同品种组成和杂交方式培育的合成群体中保留的杂种优势(表 1)。其中的杂种优势表示为相对于一代杂种(F₁)的杂合度。表 1 中同时列出了纯种、一代杂种和轮回杂交情况下的杂种优势供比较。可见，当参与杂交的品种数目一定时，合成群体保留的杂种优势低于轮回杂交下获得的杂种优势，当然更低于固定杂交下的杂种优势。但随着参与杂交的品种数目的增加，合成群体中保留的杂种优势也提高。因此，可通过组合 3 个、4 个或更多品种的血缘来降低合成群体中杂种优势的丧失^[23]。各组分品种所占比例不同，即杂交方式不同，合成群体的保留杂种优势也不同。理论上，当所有组分品种所占比例相同时，合成群

表 1 不同方法培育的合成群体中期望的保留杂种优势

交配类型	杂种优势*	交配类型	杂种优势
纯种	0	四品种合成群体	
一代杂种	100	1/4A, 1/4B, 1/4C, 1/4D	75.0
轮回杂交		3/8A, 3/8B, 1/8C, 1/8D	68.8
二品种	66.7	1/2A, 1/4B, 1/8C, 1/8D	65.6
三品种	85.7	五品种合成群体	
四品种	93.3	1/4A, 1/4B, 1/4C, 1/8D, 1/8E	78.1
二品种合成群体		1/2A, 1/8B, 1/8C, 1/8D, 1/8E	68.8
1/2A, 1/2B	50.0	六品种合成群体	
5/8A, 3/8B	46.9	1/4A, 1/4B, 1/8C, 1/8D, 1/8E, 1/8F	81.3
3/4A, 1/4B	37.5	七品种合成群体	
三品种合成群体		3/16A, 3/16B, 1/8C, 1/8D, 1/8E, 1/8F, 1/8G	85.2
1/2A, 1/4B, 1/4C	62.5	八品种合成群体	
3/8A, 3/8B, 1/4C	65.6	1/8A, 1/8B, 1/8C, 1/8D, 1/8E, 1/8F, 1/8G, 1/8H	87.5

*表示为相对于 F₁ 的杂合度 (%)。

体的保留杂种优势达到最大。但这样在有些情况下,特别是在参与杂交的品种数是奇数时,如 Lauprecht^[22]提出的三品种合成群体培育方法,在实践中很费时,同时,可能由于要反复回交,同样会导致杂合度和杂种优势的丧失。

一般来说,因重组造成的杂合度的丧失可导致合成群体杂种优势降低,但杂种优势的丧失只在 F_1 和 F_2 代之间发生,如果避免近交,合成群体自群繁育阶段不再发生杂种优势的丧失^[2,21]。多数情况下,合成群体能达到期望的保留杂种优势水平,但并不总是如此。这一期望对于一些品种组合的某些性状是可以的。这是因为保留杂种优势计算公式的有效性依赖于杂种优势显性模型的有效性。如果有大量的重组丧失,高代合成群体的杂种优势会进一步下降直到平衡^[1]。模拟研究也表明,合成群体中的加性遗传变异可能增加,也可能不增加,这取决于显性度、亲本品种间基因频率的差异以及合成群体的平均基因频率^[24]。

3 合成群体的相对生产效率

同样,与其他杂交体系比较,可以考察合成群体的相对生产效率。但利用有限研究资源进行试验来直接比较不同杂交体系往往是不可行的。通常,可以根据杂种优势的可靠估值、对生产水平的合理假设以及杂交繁育理论对不同杂交体系的生产力进行估计或预测。

以绵羊为例, Leymaster^[25]基于如下假设,预测不同杂交体系下绵羊的总断奶重:

- (1) 所有后备母羊由各体系本身产生,必要的话,公羊可以引进,母羊年更新率为 20%;
- (2) 就品种平均,每只纯种母羊产 1.4 只纯种断奶羔羊,纯种羔羊的断奶重 22.5 kg;
- (3) 羔羊断奶只数的个体和母本杂种优势均为 15%;
- (4) 断奶重的个体和母本杂种优势分别为 5%和 6%;
- (5) 利用父本专门化品种提高羔羊断奶重 5%。

令纯种群绵羊总断奶重的预测值为 100,其他体系相对于纯种群表示(表 2)。其中,通用杂交繁育体系包括纯种、一代杂种、轮回杂交及合成群体。之所以将纯种繁育也包括在其中,只是由于比较方便。终端杂交繁育体系是再利用一个终端父本与通

用体系下的母畜杂交,所产后代全部商品利用。可见,相对于纯种,一代杂种的断奶重提高 17%。因轮回与合成群体通用体系可以利用个体和母本杂种优势,因而较一代杂种生产力更高。对于特定数目的品种,通用轮回体系较纯合成体系杂种优势高,但维持多个纯种和具有较大差异的各代杂种的费用要高得多。较高的个体杂种优势和互补性的利用使得终端杂交体系较通用杂交体系生产性能更高。Leymaster^[25]建议利用一代杂种终端杂交体系。该体系也称为三元杂交或静态终端公畜体系 (Static terminal sire system),是唯一能够表现 100%母本杂种优势的体系。许多国家的商品家畜生产体系也多为二代杂种终端体系。

表 2 不同杂交繁育体系的相对生产效率^a

遗传类型	通用体系	终端体系
纯种	100	122
一代杂种	117	150
轮回杂交		
二元	134	146
三元	143	153
合成群体		
二元	125	141
三元	131	145
四元	138	150

^a相对于纯种绵羊群总断奶重的生产效率 (来自 Leymaster^[25], 2002。作者许可)。

从表 2 还可看出,合成群体可以有两种利用方式,即作为通用体系之一的纯合成体系(Pure composite system)和作为终端体系之一的合成/终端体系^[1,11]。这里的“纯”指的是只涉及一个合成群体,所有选配都在合成群体内完成,不涉及杂交。尽管一代杂种终端体系可以充分利用母本杂种优势,其生产效率与四元合成/终端体系相当,但却不能利用父本杂种优势,而且管理上相对复杂。在通用体系中,无论是在管理上还是在性能表现上一代杂种体系均不如合成群体。

4 合成群体生产性能的预测

合成群体的生产性能可用如下公式预测^[1]:

$$\hat{P} = (\mu + \hat{E}_{cg}) + \sum_{i=1}^n p_i \bar{A}_i^* + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i p_j \hat{F}_1 H_{ij} \quad (3)$$

式中, $\hat{P}$ 为合成群体平均性能的预测值; $\mu + \hat{E}_{cg}$ 为

某一同龄组平均性能的估计值; p_i 和 p_j 为第 i 和第 j 个组分品种在合成群体中所占的血缘比例; n 为合成群体中的组分品种数; $\bar{A}_i^*$ 为第 i 个组分品种的平均育种值。这里的*号表示 n 个育种值已经转换到同一尺度上, 即可以用于比较不同品种的遗传潜力。

$F_1\hat{H}_{ij}$ 为第 i 和第 j 个组分品种杂交所获得的 F_1 代杂种优势。

另

$$\hat{A} = \sum_{i=1}^n p_i \bar{A}_i^*, \quad RH = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i p_j F_1\hat{H}_{ij}$$

其中, $\hat{A}$ 为有关组分品种的一个加权育种值, 权重为其所占的血缘比例。 $\hat{RH}$ 为合成群体保留杂种优势的预测值。

将上述各项合并后, (3)式可另写为:

$$\hat{P} = (\mu + \hat{E}_{cg}) + \hat{A} + RH \quad (4)$$

由此可见, 合成群体的生产性能不但取决于各组分品种育种值的高低, 还取决于所保留杂种优势的多少。这也提示, 在培育合成群体时, 同时应考虑各组分品种的育种水平和新合成群体的合成方式。

5 合成群体培育效果的评价方式

一个新的合成群体, 除可根据其预测的保留杂种优势和生产性能加以理论评价外, 还可以就其性能直接估计保留杂种优势或者与有关品种加以比较。

5.1 直接估计保留杂种优势

根据合成群体和其组分品种的性能表现, 利用基于线性模型的最小二乘分析, 可以估计合成群体及其纯种组分品种各性状的最小二乘均值。估计的保留杂种优势为合成群体与纯种组分品种各性状均值之差。利用该方法, 美国农业部肉畜研究中心(MARC)对其培育的3个肉牛合成群体(MARC₁、MARC₂、MARC₃)的多个性状就品种效应和杂种优势在高代的表现作了系统研究^[26~31]。结果表明, 甚至经过多个世代的自群繁育后, 杂种优势仍然保留在合成群体中。同样的合成群体对于商品肉牛生产者来说, 意味着只要避免近交, 便可以利用几代甚至是许多代。同时还表明, 解决单一品种中诸如繁殖性能与生

产性状、红肉产量与大理石纹等性状间的遗传颀抗的最合理的办法是培育一个合成群体。因为, 这些性状在合成群体培育过程中, 可以通过亲本品种的选择而加以合理平衡。实际上, 合成群体就是通过结合具有颀抗特性的不同品种为特定育种目标而培育的。

摩洛哥培育的DS绵羊合成品种充分结合了其父本和母本的优良特性。其母本是D'man 绵羊, 以其卓越的繁殖性能而著称: 多产性高、性早熟、繁殖季节长, 但生长速度较低。相反, 其父本品种Sardi 绵羊具有良好的生长速度和胴体品质、细毛、适应性强, 但繁殖性能低^[32]。对DS绵羊自群繁育阶段不同世代的保留杂种优势的研究^[33]表明, 大多数性状的保留杂种优势的比例不低于保留杂合度的比例, 并由此说明绵羊有关性状的杂种优势由基因的显性效应控制。

5.2 与合成群体的有关组分品种或杂种进行比较

对合成群体的培育效果, 多数是围绕育种目标将合成群体的性能与其组分品种或杂种进行比较来评价的。利用5个纯种及其由此培育的2个三品种合成系绵羊间母羊生产性能的比较^[34]表明, 杂种间自群繁育导致的杂种优势的降低不低于期望的预测杂合度的降低。Polypay绵羊合成品种具有较高的繁殖潜力, 超过了美国西部放牧绵羊, 利用该品种, 每年可以有两方面的收入, 一是羊毛收入, 二是两只羔羊的收入, 并因此而得名^[20]。该品种中等体型的成年母羊年产58支羊毛4.2 kg, 羔羊断奶年龄、生长速度、肉用体型、体况评分可与其亲本品种兰布列和塔基羊相比, 甚至优于这两个品种^[20]。利用1998~2000年DS合成绵羊品种与其同龄组的亲本品种的性能记录进行比较表明, DS母羊的性能总体上介于二亲本品种之间, 但断奶前生长速度、30和90日龄体重以及胴体性状与最好的亲本品种接近。因而认为, DS合成品种可以作为一个纯种群或商品羔羊生产的一个母本品种^[35]。Buckley等^[36]报道了一个为夏威夷特定的热带环境培育的8品种肉牛合成群体, 并与其中的3个组分品种: 安格斯、海福特和圣格鲁迪进行了比较, 结果表明, 该合成群体在所评定的断奶前性状上均优于其组分品种。

5.3 与某一参照品种进行比较

通过设计和培育, 合成群体可以作为通用品

种、专门化母本或父本品种^[25]。在评价合成群体培育效果时,不少研究者是将合成群体与某一参照品种进行比较。参照品种可以是一个通用品种,也可以是一个专门化母本或父本品种。在北美,作为一个重要的终端父本绵羊品种,萨福克常被用作评定其他终端父本品种的参照标准。Leymaster^[17]报道了一个利用三元杂交方式培育终端父本绵羊合成群体的方法。该群体是用哥伦比亚公羊与汉普夏×萨福克杂种母羊(F_1 、 F_2 和 F_3 代)交配,随后进行自群繁育培育而成的。与萨福克比较,母羊的受精力、羔羊的断奶数和断奶窝重,二者差异不显著。成年合成群母羊较萨福克母羊产毛量高。青年和成年母羊后代的平均初生重以及青年母羊后代的平均断奶重,合成群体均较萨福克显著地高,而成年母羊后代的断奶前日增重、断奶重和断奶后日增重无显著差异。母羊 125 日龄体重和成年体重,二者差异也不显著。因此,合成群母羊的总体生产力至少与萨福克母羊相当,从断奶至成年的体重二者相似。

与通用品种进行比较的一个例子是INRA 401 绵羊合成系与Mérinos d'Arles的比较。该品系是一个典型的母本品系,平均产羔率 200%,常年发情繁殖,泌乳性能好,哺育能力强。同时,该品系还有胴体良好和抗沙门氏菌的特点。Mérinos d'Arles是由法国培育的一个抗逆性很强的毛用美利奴品种。通过比较,INRA 401 品系 1 周岁初配及 8 个月以后再配时的生产力可以与Mérinos d'Arles相比,而胴体品质优于 F_1 代杂种^[37]。

5.4 遗传变异与遗传趋势

合成群体性状的遗传变异可简单地用变异系数考察。对于已形成多年的合成群体,还可以通过估计遗传参数和遗传趋势,一方面说明合成群体遗传变异的大小,同时说明进一步选择的潜力,并为进一步选育提供理论依据。美国MARC对其培育的系列肉牛合成群体的遗传变异研究^[26~31, 38~40]表明,对于由多基因控制的重要经济性状,即数量性状,用变异系数度量的变异,合成群体与其组分品种相似;而对于由少数基因控制的质量性状,如毛色、角的有无等,合成群体表现出更大的遗传变异,这取决于参与合成品种形成的特定组分品种的具体情况。对绵羊合成群体及其组分品种有关繁殖性状的遗传

参数的估计结果^[41]表明,合成群体产羔数的遗传力较高,但对于杂种优势更大的性状(受精力、羔羊成活率、羔羊总断奶重),其遗传力较组分品种的为低。这样,对于合成群体,羔羊总断奶重的连续选择效果主要取决于较高繁殖率许可条件下的强度选择。对于单一合成群体,如中欧Tiameslan猪的合成系^[18]、MARC培育的绵羊终端父本品种^[42, 43],往往将有关性状的遗传参数与文献报道的其他品种的参数进行比较。对中欧Tiameslan猪的合成系有关性状的表型和遗传趋势研究^[19]表明,4 周龄和 8 周龄体重、乳头数表现出有利的表型和遗传趋势,而繁殖性状的遗传趋势则接近于 0。值得注意的是,由于合成群体强调保留的杂合度和杂种优势,不少研究者在估计方差组分和遗传参数时考虑了非加性遗传效应,如Northcutt等^[44]利用动物模型估计了 3 个肉牛合成系断奶前生长性状的核遗传(直接和母体)方差和细胞质遗传方差,表明细胞质遗传方差只占断奶前生长性状总随机方差的 0%~5%。因而对肉牛断奶前生长性状而言,细胞质遗传效应并不重要。进一步的研究^[45]发现,加性×加性互作效应对多数断奶前生长性状也是不重要的,非加性遗传方差主要来源于显性遗传效应。

6 结 语

合成群体培育的成效在于其保留杂种优势的高低,而保留杂种优势则与合成群体所含组分品种的数目和比例、杂交方式以及育种群规模等因素有关。合成群体包含了所有类型的杂种优势,并随着参与杂交的品种数目的增加而提高。尽管,当参与杂交的品种数目一定时,轮回杂交较合成群体可获得较高的杂种优势和相对生产效率,但维持多个纯种和具有较大差异的各代杂种的费用要高得多。在培育合成群体时,应兼顾各组分品种的育种水平和新合成群体的合成方式以提高合成群体的整体生产性能。可以根据预测的保留杂种优势和生产性能对新合成群体进行理论评价,也可以通过直接估计保留杂种优势、考察群体的遗传变异或者与有关品种比较等方式加以评价。

参考文献(References):

- [1] Bourdon RM. Understanding Animal Breeding. 2nd edn.,

- Prentice-Hall, New Jersey, USA, 2000.
- [2] Dickerson GE. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Anim Breed Abstr*, 1969, 37(2): 191–202.
- [3] Kinghorn BP, Shepherd RK, Banks RG. A note on the formation of optimal composite populations. *Theor Appl Genet*, 1989, 78(3): 318–320.
- [4] Cundiff LV, Gregory KE. Searching for new genetic resources for composite populations. Composite in cattle population. In: Proc 13th Brazil Congr Anim Reprod, Belo Horisonte, Minas Gerais, Brazil, 1999, 1–32.
- [5] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Composite breeds to use heterosis and breed differences to improve efficiency of beef production. *USDA-ARS Technical Bulletin No. 1875*, 1999, 75.
- [6] Alexander GI, Reason GK, Clark CH. The development of the Australian Friesian Sahiwal, a tick resistant dairy breed. *World Anim Rev*, 1984, 51(1): 27–34.
- [7] Shrestha JNB, Heaney DP. Review of Canadian, Outaouais and Rideau Arcott breeds of sheep. 1. Development and characterization. *Small Rumin Res*, 2003, 49(1): 79–96.
- [8] Shrestha JNB, Heaney DP. Review of Canadian, Outaouais and Rideau Arcott breeds of sheep. 2. Crossbreeding, registration and subsequent release to the Canadian sheep industry. *Small Rumin Res*, 2004, 55(1–3): 1–13. [\[DOI\]](#)
- [9] Rempel WE, Maijala K. New breed development in pigs. In: Maijala K, ed. *World Animal Science. B8. Genetic Resources of Pig, Sheep and Goat*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1991, 305–322.
- [10] Crawford RD. *Poultry Breeding and Genetics*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1990.
- [11] 刘文忠. 肉用绵羊合成群体的培育方法和利用. *中国草食动物*, 2008, 专辑: 130–134.
- [12] de Waal HO, Combrinck WJ. The development of the Dorper, its nutrition and a perspective of the grazing ruminant on veld. *Small Rumin Res*, 2000, 36(2): 103–118. [\[DOI\]](#)
- [13] Boujenane I. Development of the DS synthetic breed of sheep in Morocco: Ewe reproductive and lamb preweaning growth and survival. *Small Rumin Res*, 2002, 45(1): 61–66. [\[DOI\]](#)
- [14] Tchamitchian L, Lefevre C, Brunei C, Bibe B, Ricordeau G. Development of a new synthetic prolific line of sheep (INRA 401). In: Proc 3rd World Cong Genet Appl Livest Prod, 1986, 9: 535–540.
- [15] O'Connor SF, Tatum JD, Wulf DM, Green RD, Smith GC. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *J Anim Sci*, 1997, 75(7): 1822–1830.
- [16] Olivier JJ, Marais PG, Cloete JAN. Evaluering van verskillende raskruisings in die ontwikkeling van 'n witwolvlaisras: Die Afrino [Evaluation of different breed crosses in the development of a white-wooled mutton sheep: The Afrino]. *S Afr Tydskrif Veek*, 1984, 14(4): 105–109.
- [17] Leymaster KA. Straightbred comparison of a composite population and the Suffolk breed for performance traits of sheep. *J Anim Sci*, 1991, 69(3): 993–999.
- [18] Zhang S, Bidanel JP, Burlot T, Legault C, Naveau J. Genetic parameters and genetic trends in the Chinese × European Tiameslan composite pig line. I. Genetic parameters. *Genet Sel Evol*, 2000, 32(1): 41–56.
- [19] Zhang S, Bidanel JP, Burlot T, Legault C, Naveau J. Genetic parameters and genetic trends in the Chinese × European Tiameslan composite pig line. II. Genetic trends. *Genet Sel Evol*, 2000, 32(1): 57–71.
- [20] Hulet CV, Ercanbrack SK, Knight AD. Development of the Polypay breed of sheep. *J Anim Sci*, 1984, 58(1): 15–24.
- [21] Dickerson GE. Inbreeding and heterosis in animals. In: Proc Anim Breed Genet Symp in Honor of Dr. Jay L. Lush. Am Soc Anim Sci, Champaign IL. 1973, 54–77.
- [22] Lauprecht E. Production of a population with equal frequency of genes from three parental sources. *J Anim Sci*, 1961, 20(3): 426–428.
- [23] Shrestha JNB. Conserving domestic animal diversity among composite populations. *Small Rumin Res*, 2005, 56(1–3): 3–20. [\[DOI\]](#)
- [24] Mohd-Yusuff MK, Dickerson GE. Genetic variation in composite and parental populations: Expectations for levels of dominance and gene frequency. *J Anim Sci*, 1991, 69(10): 3983–3988.
- [25] Leymaster KA. Fundamental aspects of crossbreeding of sheep: Use of breed diversity to improve efficiency of meat production. *Sheep Goat Res J*, 2002, 17(3): 50–59.
- [26] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for preweaning traits of beef cattle. *J Anim Sci*, 1991, 69(3): 947–960.
- [27] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for puberty and scrotal traits of beef cattle. *J Anim Sci*, 1991, 69(7): 2795–2807.
- [28] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for growth traits in both sexes of beef cattle. *J Anim Sci*, 1991, 69(8): 3202–3212.
- [29] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for birth weight, birth date, dystocia, and survival as traits of dam in beef cattle. *J Anim Sci*, 1991, 69(9): 3574–3589.
- [30] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for reproduction and maternal traits of beef cattle. *J*

- Anim Sci*, 1992, 70(3): 656–672.
- [31] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations on actual weight, adjusted weight, hip height, and condition score of beef cows. *J Anim Sci*, 1992, 70(6): 1742–1754.
- [32] Boujenane I. Development of the DS synthetic breed of sheep in Morocco: Ewe reproductive and lamb preweaning growth and survival. *Small Rumin Res*, 2002, 45(1): 61–66.[\[DOI\]](#)
- [33] Boujenane I, Chafik A, Benbihi M. Heterosis retained in different generations of *inter se* mating between D'man and Sardi sheep. *J Anim Breed Genet*, 1999, 116(2): 151–159.[\[DOI\]](#)
- [34] Fogarty NM, Dickerson G E, Young LD. Lamb production and its components in pure breeds and composite lines. II. Breed effects and heterosis. *J Anim Sci*, 1984, 58(2): 301–311.
- [35] Boujenane I, Roudies N, Benmira A, El Idrissi Z, El Aouni M. On-station assessment of performance of the DS synthetic and parental sheep breeds, D'man and Sardi. *Small Rumin Res*, 2003, 49(2): 125–133.[\[DOI\]](#)
- [36] Buckley BA, Carpenter JR, Campbell CM, Reimer DR. Development of a composite beef breed for Hawaii. In: Proc 6th World Congr Genet Appl Livst Prod, 1998, 27: 247–250.
- [37] Tchamitchian L. [Productive results of INRA 401 strain at farm level]. Rapport à la Commission Nationale d'Amélioration Génétique, Déc., 1987 (in French).
- [38] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM, Dikeman ME, Koohmaraie M. Breed effects and retained heterosis for growth, carcass, and meat traits in advanced generations of composite populations of beef cattle. *J Anim Sci*, 1994, 72(4): 833–850.
- [39] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Breed effects, dietary energy density effects, and retained heterosis on different measures of gain efficiency in beef cattle. *J Anim Sci*, 1994, 72(5): 1138–1154.
- [40] Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM, Dikeman ME, Koohmaraie M. Breed effects, retained heterosis, and estimates of genetic and phenotypic parameters for carcass and meat traits of beef cattle. *J Anim Sci*, 1994, 72(5): 1174–1183.
- [41] Mohd-Yusuff MK, Dickerson GE, Young LD. Reproductive rate and genetic variation in composite and parental populations: Experimental results in sheep. *J Anim Sci*, 1992, 70(3): 673–688.
- [42] Mousa E, Van Vleck LD, Leymaster KA. Genetic parameters for growth traits for a composite terminal sire breed of sheep. *J Anim Sci*, 1999, 77(7): 1659–1665.
- [43] Cammack KM, Leymaster KA, Jenkins TG, Nielsen MK. Estimates of genetic parameters for feed intake, feeding behavior, and daily gain in composite ram lambs. *J Anim Sci*, 2005, 83(4): 777–785.
- [44] Northcutt SL, Willham RL, Wilson DE. Genetic parameters for nuclear and nonnuclear inheritance in three synthetic lines of beef cattle differing in mature size. *J Anim Sci*, 1991, 69(12): 4745–4753.
- [45] Rodríguez-Almeida FA, van Vleck LD, Willham RL, Northcutt SL. Estimation of non-additive genetic variances in three synthetic lines of beef cattle using an animal model. *J Anim Sci*, 1995, 73(4): 1002–1011.

•综合信息•

欢迎订阅《生物技术通讯》

《生物技术通讯》是军事医学科学院生物工程研究所主办的关于生物技术的专业性学术刊物(国内统一刊号 CN11-4226/Q, 国际标准刊号 ISSN 1009-0002), 是中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)。本刊主要报道生物技术及相关学科领域的最新科研成果与进展, 尤其关注生物技术在生物医学、医药工业、农业、环保、卫生、食品等各领域的应用。本刊面向从事生物技术及相关领域的研究、教学、管理等专业人员, 以及大专院校相关专业师生及有关工程技术人员。欢迎订阅、欢迎供稿、欢迎刊登广告。

《生物技术通讯》为 A4 开本 150 页双月刊, 铜版纸印制, 彩图随文, 每期定价 25 元, 全年 150 元。国内外公开发行, 国内邮发代号: 82-196, 国外发行代号 BM1433。编辑部办理邮购业务。

地址: 北京丰台东大街 20 号 8 所; 邮政编码: 100071;

电话: (010)66948856; 电子信箱: swtx@263.net