

文章编号: 1003-8701(1999)05-0035-06

动物育种规划最优化研究进展

柳楠¹, 刘积凤¹, 孙宏艳²

(1. 吉林省农科院, 吉林 公主岭 136100; 2. 黑龙江畜牧兽医编辑部, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 围绕动物育种规划最优化研究进展加以综述, 在回顾动物育种规划最优化方法发展过程的基础上, 重点介绍了动物育种目标、杂交繁育体系的优化问题和 MOET 核心群育种规划研究 3 方面的内容。

关键词: 动物; 最优化; 育种规划; 研究进展

中图分类号: S 813.2

文献标识码: A

动物育种工作是涉及数量遗传学 and 经济学的一项复杂的系统工程。育种规划可以定义为在现行和可预测的未来条件下, 通过对各种因素的分析, 采用各种育种措施, 以实现特定育种目标的过程。其主要目的是通过一定育种措施的实施, 最大限度提高育种的经济效益(张沅, 1989)。育种方案的最优化是一项涉及多学科知识的动物育种研究课题, 其主要内容包括: ①确定育种目标; ②制定适合现有条件的考察多个可能实施的候选育种方案; ③育种规划的模型计算, 包括估计有关的经济学参数、遗传参数及生物学参数, 估计育种值和计算育种方案的育种产出和育种效益; ④选择优化育种方案; ⑤确定新育种方案的实施问题。本文对动物育种规划最优化研究进展进行综述。

1 动物育种规划方法发展的历史回顾

动物育种规划方法的研究最早开始于本世纪 40 年代, Dickerson 和 Hazel(1944)提出了经典的基于加性模型预测选择反应公式: $R = r_{IA} * i * \sigma_A$, 对育种规划的标准问题进行了讨论, 实际上就是对育种规划的最初研究。此后 Rendel and Robertson(1950), Robertson(1957), Fewson(1967)等学者对单一性状的遗传进展作为评价育种方案的标准进行了研究。此外, Bichard(1971), Hill(1974), Niebel and Fewson(1979)还将育种群与生产群的遗传差异作为评价育种方案最优化的标准, 这个遗传差异反映了遗传进展从育种群传递到生产群所需的时间, 也反映了育种工作的效率。

动物育种的最终目的是获取动物生产的最大经济效益。因此, 更为直接的标准就是以经济效益作为评估育种方案的标准。从 60 年代开始, 人们逐步将计量经济学的“投入—产出”分析法应用于动物育种规划研究中, 把育种工作的经济效益作为评价育种方案的重要标准, 这是动物育种规划发展中的一个重要阶段。Hill(1971)在育种规划方法中提出了贴现的新思路, 在确定一个初始时间后对未来多个选择周期的育种成本与产出进行贴现, 以此来预

收稿日期: 1999-04-02

作者简介: 柳楠(1960—), 男, 黑龙江省海伦市人, 吉林省农科院研究员, 在职博士, 主要从事绵羊遗传育种研究。

测一个选择方案的育种效益,这就更能客观地反映不同的生产性状产生经济效益的差别(张沅,1989)。MoClintock and Cunningham(1974)首次提出标准化的贴现表现量的概念,研究了兼用牛的人工授精选择方案中对投资期中不同生产性状、不同的实现时间和频率进行适当加权问题。Hill(1974),Elsen 及 Mocquot(1974)分别论述了用矩阵形式表达的基因流动法(Gene flow method)及其在动物育种规划中应用的可行性,使得包括多个群体在内的世代重叠的育种产出的贴现成为可能。此后,许多学者通过研究进一步完善和发展了基因流动法,并将其应用于动物实际育种规划中,证明了这一方法是目前最为理想的育种规划最优化方法(张沅,1989)。Karras(1984)在吸收 Niebel(1974)研究成果的基础上,编制了育种规划最优化计算机程序(ZPLAN)的最初版本。而后,人们不断地对这一程序进行修改、补充、完善,以适应各种动物育种规划的需要(Niebel,1989;Nitlet 及 Graser,1993)。张沅(1984)对于在一个育种规划中包括两个或两个以上具有不同育种目标和育种方案的群体,并且群体间经常进行种畜交换的所谓动态育种方案规划模型进行了研究,提出了动态育种规划模型最优化的理论和方法,并应用于中国黑白花奶牛育种实践。近年来,随着生物技术的发展,如何将生物技术应用到动物育种,并为其制定一个特殊的育种规划已成为该领域的一个热点内容。奶牛 MOET 核心群育种规划的研究与制定(Christensen,1986;Collenall,1986;Fewson,1987)使育种规划研究开创了一个新的阶段。近年来,分子数量遗传学的发展、分子遗传标记和 QTL 定位技术的进步,使标记辅助选择日益受到人们的重视,由此标记辅助选择方法的育种规划和最优化育种方案制定的研究又成为今后动物育种规划研究的热点。

2 育种目标研究

育种目标是有效育种规划的首要工作。适宜的育种目标不仅对群体内的选择是重要的,而且对选择品种或杂交组合,评估基因效应和设计最优化育种方案都十分必要(Ollivier,1986)。动物育种工作不仅是为了育种群的经济效益,而是为了提高生产的获利性(张沅,1991)。动物育种目标就是要使动物生产获得最大的经济效益。确定育种目标不仅包括育种学问题,还涉及市场经济学问题。因此,对目标性状的选择应该包括具有经济意义的所有性状并给予适当的经济加权。目标性状选择不准或各性状的经济加权不合适将给育种工作造成经济损失。

伴随动物育种科学的发展,确定育种目标的方法有了深刻的变革。在传统的动物育种中,人们根据个体的体型外貌进行选种,虽然这种方法行之有效,但是根据体型外貌选择生产性能,其主观经验性强,选择效率较低。张沅(1989)对确定育种目标的方法作了介绍。从总体发展来看,育种目标已从侧重体型外貌发展到侧重生产性能,从定性发展到定量,从单纯追求生产性能发展到用经济指标和遗传参数来确定数量化的育种目标。Hazel(1943)提出的选择指数,将育种目标考虑为一个以货币为单位、综合考虑性状本身遗传力和性状之间遗传相关及相对经济重要性的综合育种值。从此,Hazel 选择指数中的复合育种值便成为被普遍接受的育种目标之一。Harris(1970)也提出育种目标应当建立在单位生产的利润、投资效益或成本的基础之上。但 Dickerson(1970,1976,1982)则认为,应当用投入/产出效率作为评价系统性能的适宜指标。此外,有人认为应当在提高生物学效率的基础上进行育种目标的评估(Wilton,1979;Fowler,1976)。Brascamp 等(1985)认为,当设利润为零或将它看作是生产的正常成本时,由利润导出的经济加权值与由效率导出的相等。目前,多数人还认为,应当以经济效益作为一般的育种目标,因为动物育种多数是商业化的。此外,做育种目标评估的

模型水平可以是单个动物或牧场,也可能是在整个国家的水平上。不同的模型显然会带来不同的优化水平。一般认为,制定综合育种目标应当建立在一个全面的综合生产系统的基础之上(Dickerson, 1970; Harris, 1970, 1984; Newman 等, 1985),而且这个目标必须准确地反映该系统的遗传和经济特点。由于遗传改良一般呈非线性的反应,因此,在估计经济加权值时,必须考虑目前的生产水平,当出现选择反应或使用不同的选育群时,必须重新评估育种目标。

当用经济效益来作为育种目标的基础时,评估育种目标的问题则转化成为挑选拟选择改进的性状和制订这些性状的相对经济加权值的工作(Brascamp, 1983)。即在确定的育种目标和生产系统中,评估并比较各个性状的育种重要性,只有选择指标中保留那些育种重要性较大的性状,以突出选择重点,加快遗传进展速度。如果要对这些性状作指数选择时,则需估计出这些性状的相对经济加权值,实际上性状的育种重要性与相对经济加权值是相互统一的。确定了性状的经济加权值,就体现了性状的育种重要性。Ollivier(1986)认为,适宜的经济加权值不仅对群体内的选择是重要的,而且对于挑选品种或杂交组合、评估基因效应和设计最优化育种方案都是十分必要的。确定性状经济加权值的方法,一般有主观评定法、利润方程法和回归法等多种。综合许多学者研究认为,应用较多的方法是差额法,按差额法的原理进行计算性状的边际效益。性状的边际效益是指该性状值超出群体均值一个单位时,边际产出量与边际投入量之差。一个性状的边际效益越大,表明这个性状对于群体经济收益的影响就越大,通过遗传改良可获得的育种收益就越多。所以,边际效益是一个可以比较准确地反映各生产性状相对重要性的指标。

Harris(1970)指出,在选育计划中性状的相对重要性决定于下列因素:①各性状的经济重要性;②各性状的遗传改良潜力或遗传变异性,也包含估计遗传变异的准确性;③性状间遗传相关。所以,在计算边际效益比较性状间的相对育种重要性时,不但要考虑性状的经济重要性,也要考虑性状的遗传特性。显然只有那些不但具有较高的经济价值,同时又有较大遗传变异和有利遗传相关的性状才有可能通过选择改良得以迅速提高,获得良种的育种效益。一般由经济指标确定育种目标时应完成三方面工作,即确定综合育种值中的生产性状;计算这些性状的边际效益;计算各性状经过贴现的标准化性状表现值。经贴现的标准化性状表现值表示性状在预定的规划期内,通过各种育种措施在育种群和生产群中实现生产性能提高的频率、比例和时间。在一定时间内性状重复实现次数越多,在群内实现比例越大,实现的时间越早,性状的经济价值就越大。因此,经济加权系数可表示为边际效益与性状表现的贴现量之积(张沅, 1989)。

3 优化杂交繁育体系的研究

为了发挥杂交繁育的经济价值,需要对亲本品种及其杂交方法进行优化选择。动物繁育方法主要包括纯种繁育、合成系繁育、多元终端杂交、多元轮回杂交和终端轮回杂交等多种方法。许多试验表明,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,而适合用经济学指标进行评价。在商业化生产中,唯一合适的育种目标是使经济效率最大化(Christenson, 1994)。

对一个国家或地区而言,选择优化繁育生产体系时需要进行以下几个方面的工作(Gickerson, 1969):①根据可预测的生产市场条件确定繁育体系的育种目标;②制定切实的生产管理体系;③选择潜在品种,包括本地区的品种以及外来的品种;④引入品种进行杂交试验,

比较各繁育体系的生产效率;⑤综合考虑遗传学及生产技术因素,选择优化的生产体系。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,而只能应用杂交参数预测那些未能进行测定的生产体系的效率。众多的品种及繁育方法,使得这一过程适合于应用计算机模拟来实现(Mclaren, 1987)。

用计量经济学进行繁育体系优化研究始于 60 年代。Moav (1966)应用利润方程比较二元杂交繁育体系与纯繁体系的效率,认为二元杂交繁育体系的经济效率比纯繁体系高 4%~5%。Dickerson (1969)认为,三元终端杂交繁育体系是生产效率最高的繁育体系。Richard and Smith (1972)认为,对于猪最好的杂交方法应该是专门化公猪系与 F₁ 杂交种母猪杂交生产商品猪,但并不排除使用杂种公猪及合成系公猪的可能性。

在国内,赵兴红等(1994)模拟了 6 个猪品种的 8 个繁育体系的经济效益率,结果认为二元终端杂交繁育体系平均经济效益率低于回交及三元终端杂交繁育体系。王楚端(1995)应用 CS 程序模拟了迪卡猪 9 个繁育方法的 64 个可能的繁育体系的生产效率,结果说明,在特定的繁育方法内,繁育体系的效率随着育种群数量的增加而增加;育种群数量固定时,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;同时亲本群体间的配合对繁育体系的效率具有重要作用。

4 MOET 核心群育种规划的研究

超数排卵与胚胎移植(MOET)是一项日趋成熟的生物工程技术方法。许多国家已将 MOET 技术应用于动物育种中。胚胎移植技术的出现,使人们最易想到的就是把这种技术应用于奶牛后裔测定体系中为下一代培育母牛和为下一代培育公牛的母牛上,以增加母牛的选择强度,提高遗传进展。Hill and Land (1976), Cunningham (1976)的研究表明,胚胎移植可以提高 2%~10%的遗传进展。McDaniel 和 Cassell (1981)报道,应用胚胎移植如果每个母牛能获得 5 个后代,母牛的选择强度可以提高 7 倍。Church and Shen (1977)估计,在常规的后裔测验体系中,每年要从青年母牛中选择 70%~90%用以补充,应用胚胎移植可以把这一比例降低到 20%,由此可以提高 20%左右的遗传进展。但是,应用胚胎移植需要移植的次数太多,虽然可以提高部分遗传进展,但从育种效益上看效率较低,除非移植费用能大大降低。为了充分发挥胚胎移植在动物改良中的作用,许多学者研究了几种育种方案。Nicholas (1979)首先提出在奶牛群中使用 MOET 核心群育种方案,根据家系、同胞成绩选择,不再进行后裔测定,这样可以大大缩短世代间隔,所能获得的遗传进展要高于在常规的后测体系中应用 MOET。Nicholas and Smith (1983)发展了这一思想,提出了青年型和成年型 MOET 核心群育种方案,并对这两种方案可能的遗传进展作了计算。自此,这一领域研究便引起了动物遗传育种学家的极大兴趣,并进行了广泛研究。在丹麦、法国、英国、美国和加拿大等国家已建立了奶牛 MOET 育种核心群。在我国动物胚胎移植研究开展的比较晚,1973 年首先在家兔上获得成功,以后在羊(1974)、牛(1978)、马(1982)上相继获得成功。近年来,许多单位开展了 MOET 技术的消化、吸收和研究工作,张沅等(1995)对中国黑白花牛 MOET 核心群优化育种规划进行研究;王立贤(1995)研究了美国美利奴羊 MOET 核心群优化育种规划。目前,胚胎移植技术已从实验研究转入商业化生产阶段,与胚胎移植相关的技术研究也在迅速发展,不过大多数商业化的胚胎移植主要用于牛,其原因是牛的经济价值高,投资效益好,此外牛的繁殖率低,世代间隔长,所以,应用胚胎移植的优点更多(Seidel, 1989)。通过在育种群应用 MOET 技术,将育种群的遗传进展传递给较大规模的生产群,可以加快动物改良速

度,所获得大范围的经济效益远远超过育种群所使用 MOET 技术的成本(张继慈,1990)。

Nicholas 和 Smith(1983)报道了将 MOET 技术应用于核心群的研究结果,在一个由高产奶牛组成的核心群中,所有母牛都用来或作为胚胎移植的供体母牛或作为受体母牛,按照一个特定的育种方案实施。研究表明,实现这样一个 MOET 核心群育种方案可望获得一个很大的遗传进展,并且其育种成效完全超过了常规的人工授精育种方案。这一结论得到了许多学者的证实(Kunzi,1983;Woolliams and smith,1988;Christensen,1989;Fewson,1989;Teepker and Smith,1990;Bovenhuis,1990)。在不同育种系统的比较研究中,附有测定群的 MOET 核心群育种方案具有明显的优越性(张沅,1995),表现在育种进展、性状遗传进展和育种效益等育种成效的指标上。MOET 核心群育种系统的优点主要体现在,对于奶牛生产获利性非常重要的次级性状得到了很大的改进。这个结构与 Bovenhuis 等(1989)和 Teepker and Smith(1990)所报道的一致,即当 MOET 核心群育种方案通过测验群的性能测定加以补充的话,将会获得更大的育种成效。

在对 MOET 核心群育种规划模型研究表明,育种进展随着核心群中供体牛数量和每供体母牛获得可用胚胎数的增加而提高(Fewson,1989;Wray and Hill,1989;张沅,1995)。在其它群体结构因素不变的情况下,提高供体母牛的数量或可用胚胎的数量,将自然而然地增大了胚胎移植的工作量,扩大了核心群的规模和测定公牛的数量。当每供体母牛提供的可用胚胎数量提高时,将有更多的全同胞成绩供育种值估计用,由此,可以提高核心群内公牛和母牛选种的准确性。此外,每个供体母牛提供可用胚胎数的增加还可以大大地提高供体母牛和青年公牛的选择强度,从而提高遗传进展。

张沅(1995)研究结果表明,在核心公牛较少的情况下,MOET 核心群育种方案可望获得较高的遗传进展。然而在一个封闭核心群中降低核心公牛的数量,必然要承受近交系数增高的风险。经研究表明,当每年选留 4 头即每世代选留 16 头核心群育种公牛时,近交风险是很小的。研究还表明,MOET 核心群育种方案中附设一个测定群是一项十分有效的育种措施。为了使那些遗传力低的性状也获得一个令人满意的育种值估计的准确性,要求每个核心群公牛在测定群中得到至少 200 个女儿的完整的泌乳起性能记录,才能保证核心群内母牛和公牛育种值估计和选择时获得较高的准确性。

应该看到,胚胎移植技术是其他即将成熟的胚胎生物工程技术,包括胚胎性别鉴定、体外受精、胚胎克隆等进入应用阶段的基础技术。而 MOET 核心群育种系统具有很大的灵活性和适应性,当这些新胚胎生物工程技术一经成熟,可以即刻投入使用,并在使用中进一步完善和提高,给动物遗传育种工作带来更加广阔的发展前景。

参 考 文 献

- [1] 杨宁·蛋鸡优化育种方案的研究[D]·博士学位论文,北京:北京农业大学,1990。
- [2] 张沅·中国黑白花奶牛最优育种规划方法的研究[J]·中国奶牛,1991。
- [3] 王立贤·中国美利奴羊 MOET 核心群优化育种规划的研究[D]·博士学位论文,北京:北京农业大学,1993。
- [4] 王楚端·北京迪卡猪繁育体系育种规划最优化研究[D]·博士学位论文,北京:北京农业大学,1995。
- [5] Brascamp E W, Smith C and Guy D R. Derivation of economic weights from profit equations[J]. Anim. Prod., 1985, 40: 170—180.
- [6] Dickerson G E and Hazel L N. Effectiveness of selection on progeny performance as a supplement to earlier chulling in livestock[M]. J. Agric. Res., 1944, 69: 459—476.
- [7] Fewson D. Definition of the breeding objective. Proceedings of “desing of lievestock breeding programs”, University of New England, Australia, Chapter, 1993(6): 53—58, (7): 59—68.
- [8] Hazel L N. The genetic basis for constructing selection indexes[J]. Genetics, 1943, 28: 476—490.

- [9] Harris D L. Breeding for efficiency in livestock production; defining the economic objectives[J]. *J. Anim. Sci.*, 1970, 30, 860—865.
- [10] Hill W G. Order statistics of correlated variables and implications in genetic selection programmes [J]. *Biometrics*, 1976, 32, 889—902.
- [11] McDaniel B T and Cassil B G. Effect of embryo transfer on genetic change in dairy cattle[J]. *J. Dairy Sci.*, 1981, 64, 2484—2492.
- [12] Nicholas F W and Smith C. Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer splitting [J]. *Animal Production*, 1983, 36, 341—353.
- [13] Ollivier L. Economic evaluation of breeding objectives in swine. Introductory remarks[C]. 3rd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Nebraska, USA, 1986, Vol. X.
- [14] Teepker G and Smith C. Efficiency of MOET nucleus breeding schemes in selection for traits with low heritability in dairy cattle [J]. *Anim. Prod.*, 1990, 50, 213—219.

Review on the Optimization of Animal Breeding Schemes

LIU Nan, LIU Ji-feng

(*Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling* 136100 China)

Abstract: The paper dealt with the study development on the optimization of animal breeding schemes. It introduced three important contents which were the study of animal breeding goals, the optimization crossbreeding system and the study of breeding schemes on MOET nucleus based on reviewing of the development process on optimization methods in animal breeding schemes.

Key words: Optimization; Breeding schemes; Study development