

应用现代生物技术的奶牛育种方案

张 沅

(中国农业大学动物科技学院,北京 100094)

摘要:本文论述了生物技术对奶牛育种方案未来发展的作用。因为胚胎移植与胚胎分割已达到成熟阶段并已经得到推广。这些技术在奶牛育种中持续地应用,需要制定新的育种规划。因此本文介绍了场站 MOET 核心群育种方案和组合式 MOET 育种方案。胚胎克隆技术作为一项新生物技术不久将获得成功,并将在相应的性能测定的基础上系统地应用。

关键词:奶牛;生物技术;育种方案

中图分类号:S814.6 **文献标识码:**A

文章编号:1008-0864(2003)03-0013-04

在过去的几十年中畜禽育种发展的特点是,不断深入应用数量遗传学的理论与方法,指导育种实践。这一特点体现在奶牛育种中是:①大规模的、规范化的生产性能测定(DHI);②人工授精技术的广泛应用;③应用计算机技术提高种畜选择的准确性。由于上述措施的实施,使得群体每年可以获得1%—2%的遗传进展。但值得注意的是,近年来这一进展的增幅趋于平缓。正如 Nicholas 和 Smith(1983);Woolams(1990)研究结果表明,应用胚胎移植(MOET)及其相关的胚胎工程等生物技术措施,可以提高育种进展。本文拟论述将胚胎工程等现代生物技术应用到育种方案中,对促进奶牛群体遗传改进的效应。

1 奶牛育种中应用生物技术的现状

20世纪40年代,为了防治当时流行的媾疫,首先在奶牛生产中成功地应用了人工授精技术。目前人工授精在世界奶牛中的应用面在90%以上。人工授精对于育种重大的意义在于,借助它将优秀公畜的遗传物质通过冷冻精液,在时空上不受限制地传递到任何地方。因此,以人工授精为技术基础的奶牛育种方案,即所谓的AI育种体系,在过去的几十年中,对牛群的遗传改进起了决定性的作用。

超数排卵和胚胎移植技术可以大大提高优秀母牛的繁殖力。目前先进胚胎移植技术的指标是,供体牛每次超排处理获可用胚胎6枚左右,鲜胚移植成功率60%左右。

奶牛胚胎切割技术作为提高胚胎移植效率的补充,尽管每个分割胚移植成功率低于整胚,就整胚而言,通过分割可达到一个胚胎至少妊娠一头牛的效果。目前胚胎移植技术已经产业化生产和商业化运作,但由于成本过高,胚胎移植的应用受到一定的限制。

胚胎克隆技术可以大幅度提高胚胎分割效率,目前该项技术已近成熟,达到应用程度。这一生物技术方法的关键是将胚胎细胞核移植到去核卵细胞中,即核移植技术。当然目前克隆后可用胚胎的移植成功率仅为30%,因此尚有一系列技术难题有待于探索,尽管如此,这一技术必将在不久的将来成为实用技术。美国已将胚胎克隆技术的实用化做了以下目标:

	胚胎移植 MOET	胚胎切割 Embryo splitting	胚胎克隆 Embryo cloning
超排后获可用胚胎 Number of useful embryos	6	6	6
移植成功妊娠 Number of successful ET	3—4	6—7	10—11

研究进展表明,在奶牛性别控制领域,X、Y精子分离技术的成功为时尚早,而胚胎性别鉴定的分子生物技术方法已完全成熟。在美国和加拿大的一些胚胎公司,胚胎性别鉴定已成为正常的服务项目,我国的胚胎性别鉴定技术也已达到应用水平。

到目前为止,奶牛胚胎体外受精技术已经在生产中得到部分的应用,因此也称之为胚胎的体外生产。迄今体外受精在各主要技术环节上,诸如卵母细胞采集、卵母细胞体外成熟、精液预处理、胚胎体外培养和冷冻保存等方面均在进一步深入探讨,总体技术水平尚未达到体内胚生产的水平。

上述现代生物技术可以大大提高奶牛的繁殖力,因此有望成为系列生物技术应用于育种工作中。为达此目标,目前正在就提高技术的稳定性、改善技术实施的效率和降低使用技术成本的方向上进一步强化研究。与此同时,从育种角度出发,如何将现代生物技术更高效地应用于奶牛育种方案中,以求建立一套全

收稿日期:2003-05-13

作者简介:张沅,1943年生,男,教授,博导,中国畜牧兽医学会副理事长等;主要研究方向为动物遗传育种。

新的育种体系的研究工作也在加紧进行中。

2 常规的奶牛育种方案

在现行的常规的奶牛育种方案中,人工授精技术并非仅是一项繁殖技术,而是一项重要的育种技术措施,因此,人们又将这类育种方案称为“AI-育种方案”。这类育种方案突出特点是,对于种公牛严格地选择。一般在总的育种进展中至少有60%—70%是通过公牛的选择实现的。公牛的选择主要依据后裔测定,因此,除了选择强度以外,育种值估计的准确性直接影响着公牛选择效果。育种值估计的准确性首先取决于公牛的有效女儿数。每年的遗传进展又受世代间隔的影响,而后裔测定的实施延长了世代间隔。所以,通过后裔测定选择公牛是一项优缺点俱在的方法。此外,常规的奶牛育种方案还受到母牛繁殖力低的影响,限制了母牛的选择强度和育种值估计的准确性。

2.1 种子母牛的选择

为了进一步提高现行育种方案的效率,可以考虑改善种子母牛(公牛母亲)的选择,以往的育种方案,仅在特定的群体中,在完成头胎产奶的母牛范围内选择种子母牛。育种规划模型计算结果表明,若能扩大种子母牛的选择范围,即扩大育种方案涉及的育种群规模,或对母牛实施早期选种,即依据双亲的育种值在青年母牛阶段选择,均可以提高育种成效。当育种群规模扩大一倍时,育种效益可提高17%—21%,主要由于种子母牛的选择强度提高了。母牛的早期选择虽然也可提高育种成效,但其作用较小。

在育种实践中应考虑从不同年龄组母牛中选择种子母牛,一方面从青年牛中选择,可以缩短世代间隔,另一方面使用育种值最高的成年母牛可以使选择强度最大化。一个从70%青年母牛30%成年母牛中选择种子母牛的方案,可提高育种效益10%左右。

2.2 胚胎移植

如前所述,在常规育种方案中由于繁殖力低,使得母牛的选择强度和育种值估计准确性均受到限制,通过使用胚胎移植可望明显提高遗传进展。因此,在母牛的选择中使用胚胎移植理论上是可行的。

但是,从育种效益角度考虑,在常规的AI育种方案中,种子母牛的选择强度本来就很高,再进一步提高其选择强度所带来的育种产出增量是有限的。通过MOET实现一个较高的选择强度的更大意义,在于母牛育种值估计以及选择准确性的提高。而同时育种值估计偏高的可能性也增大,使用育种值估计偏高的母牛又增加了降低育种方案实施效率,即增大了遗传进展的期望值与实现值偏差的风险。

在一般种母牛(母牛母亲)中使用胚胎移植对遗传进展的作用极为明显,因为留种率又从90%下降至30%。但是否能用于育种实践,取决于胚胎移植的成本,就目前情况看,国际上每移植成功获得一头母犊牛成本为1400—2000美元,国内为5000—7000元,按这种水平是无法推广的,只有将成本降到接近人工授精的成本才有可能在全群中使用胚胎移植。

3 MOET 育种方案

3.1 场站式 MOET 核心群育种方案

集约化养鸡和养猪业中,成功地实施了繁育体系,在这一繁育体系中设有核心群或基础育种群。在核心群中进行着高强度专门化的育种工作,由于与整个群体相比核心群的家畜数量很少,因此便于育种措施和性能测定严格地实施,还可以获得一个很高的遗传进展。胚胎移植的应用使得奶牛繁殖力成倍地提高,为奶牛核心群育种方案的实施提供了有利条件。目前有两种类型的核心群育种方案供挑选。

其一是将参加核心群育种的供体母牛、受体母牛和有关的后备牛集中饲养在一个或少数几个牛场,并集中进行性能测定和实施胚胎移植,我们将这样的方案称为场站式MOET核心群育种方案。我国“八五”攻关项目就是以这种模式为基础,发展出了奶牛MOET育种体系。其二是与多个奶牛育种场联合建立组合式MOET核心群育种方案。上述两个模式在群体结构上、育种措施实施程序上、应用生物技术的方式以及育种组织形式上均不相同。

两种MOET育种方案的共同特点是大幅度地缩短了世代间隔。与AI育种方案最大的改进是在公牛选择时主要使用了祖先和同胞的信息,而避免了进行大规模的后裔测定。研究表明,对公牛产奶性能的遗传鉴定需时至少可缩短40%。当然由于放弃了后裔测定,致使公牛育种值估计的准确性受到一定的损失,至于损失多少,取决于公牛具有全同胞姐妹的数量,全同胞姐妹的信息量又取决于胚胎移植的效率,即每头供体母牛超排、冲卵的次数和一次超排可获得的可用胚胎数,以及移植成功率等生物技术因素。

下表是一次模型计算结果,可以看出后测育种方案与MOET核心群育种方案在遗传进展上的比较。

上表中设产奶性状的遗传力为0.25,饲料利用率的性状遗传力为0.35,在不同育种方案的对比中,高效率胚胎移植的成年型MOET核心群育种方案要比实施后测的AI育种方案高出20%的遗传进展,而青年型MOET核心群育种方案的遗传进展改进程度就更明显了,改进的幅度在30%—70%之间,关键在

育种方案 Breeding program	遗传力 heritability			
	0.25		0.35	
	绝对 Absolute	相对 Relative	绝对 Absolute	相对 Relative
AI 育种方案 (50 个女儿) AI breeding system (50 daus.)	0.133	(100)	0.166	(100)
成年型 MOET N*	0.118	88	0.151	91
Adult MOET H	0.158	119	0.198	119
青年型 MOET N	0.170	128	0.218	131
Junior MOET H	0.225	169	0.282	170

* N = 每供体母牛 8 个后代, 每公牛与配 8 头供体母牛
= 8 progenies/donor, year, 1sire × 8 donors

H = 每供体母牛 16 个后代, 每公牛与配 16 头供体母牛
= 16 progenies/donor, year, 1sire × 16 donors

于应用胚胎移植技术的频率。

场站式 MOET 核心群育种体系又可区分为封闭群和开放群两种。在封闭式核心群方案中, 不与其它畜群进行遗传物质交换。而在一个不大的核心群中又进行着非常严格的选择, 显然近交系数递增很快, 因此群体内遗传变异度下降。鉴此情况及经济学考虑, 人们还是比较偏爱开放核心群。场站 MOET 核心群育种系统的技术要点有以下三点: ①在核心群中对供体母牛及其全同胞、半同胞姐妹进行严格的产奶性能、生长发育性能测定, 此外还对一些生理生化性能参数进行测定。因此也有人将这样的核心群称作“母牛测定站”; ②为了选择核心公牛, 需对其全同胞、半同胞进行性能测定, 通过公牛的雄性同胞测定生长发育性能, 通过雌性同胞测定产奶性能; ③对于优秀母牛, 作为供体牛进行多次重复超排。

在核心群内集中测定的是遗传力为中等的生产性状, 而对低遗传力的性状繁殖力和抗病力等, 则仅靠核心群内的测定是不够的。为此有两种解决的途径: 其一, 探索一些遗传力高、测定简单、与上述性状紧密相关的间接选择性状, 目前荷兰、丹麦的研究工作者正在向此方向努力。其二, 有人建议在核心群外建立一个规模大的“测定群”, 以求得到核心群中被测后备牛的较大规模的半同胞组, 当半同胞组达 200 头以上时, 低遗传力性状的选择是有效的。

此外, 从数量遗传学观点出发, 核心群饲养管理条件应基本接近一般牛场水平, 以避免在猪育种中常出现的, 在测定站的基因型与环境的互作效应。

3.2 组合式 MOET 育种体系

这一育种方案的原则是经过选择的公牛母亲来自各个育种牛场, 和公牛父亲一起被看作是开放式核心群。这个核心群的组成和结构处在一种动态状态, 即经常有母牛和牛场被选入核心群体系, 也经常有母牛和牛场离开核心群。在核心群范围内的这些牛场中对优秀的母牛进行着高强度的胚胎移植, 以求获得进

行生产性能测定所必须的全同胞和半同胞组。

这一育种体系的优点在于, 它在实施育种措施时有很大的灵活性, 生产性能测定的基础是范围较大的全同胞、半同胞的信息。但是由于牛场和牛只分散, 使得一些性状, 诸如饲料利用率、能量转化率测定的可靠性不像固定核心群那样高。因此加强各参与场的检查、监督、专家的咨询等组织措施, 以求提高现场测定的准确性和说服力。此外, 性能监测的专门组织应注意测定 MOET 后代的头胎产奶性能, 并力求测定的同胞应合理地分布在特定的牛场中。上述这种组合式 MOET 核心群育种体系已在欧洲的一些小奶牛品种, 如平茨高和安格勒中实施。但实践证明这种育种体系的费用要高于场站式核心群。

就性能测定而言, 将胚胎或者说后代分布到更多的牛场是十分必要的, 因此从生物技术实施上要求集中冲胚而分散移植。

在组合式 MOET 育种体系中, 比较容易建立一个测定群, 测定来自核心群的公牛后代, 通过不可忽略的后裔测定解决准确选择低遗传力性状的问题。

3.3 生物技术进一步发展

胚胎克隆技术将逐渐成熟, 并作为实用育种技术应用。因此有关胚胎克隆技术与育种体系结合的问题还需进一步研究。克隆技术可以获得遗传同质的一组家畜, 任何一个克隆同胞都是一个带有全部同样优点和缺点的拷贝。对于生产者而言, 被克隆的个体经过准确性能测定, 确定无疑是高产牛, 则可通过克隆得到其最保险的遗传同质的母牛并用于生产。研究结果表明, 如果当前的现行育种方案每年获遗传进展为 2% 的话, 那就意味着全群平均产奶量从 6 000 千克增长到 8 000 千克需要 20 年系统的育种工作, 若采用胚胎克隆技术, 可将上述时间缩短到 10 年。

此外, 为了进一步提高胚胎移植以及胚胎克隆的效率, 体外受精技术、特别是活体取卵、体外培养和体外受精等系列技术, 将成为生物技术在育种中应用的更有希望的领域。

在奶牛群体遗传改良的关键问题是, 如何准确地选择种公牛和种母牛; 如何克服母牛繁殖力很低 (即便进行胚胎移植, 也不过每年最多获得 5—10 个母牛后代) 的弱点; 如何减少全同胞个体间的遗传物质的随机抽样误差, 使其育种值估计更为精确。

解决以上问题的最佳途径是前述胚胎克隆系列生物技术, 通过它可以获得较大的同质个体。目前在生物技术应用于奶牛育种的研究领域中, 进一步提高胚胎性别鉴定技术和克隆技术的效率, 固然十分重要, 如何对单个克隆个体进行准确的生产性能测定, 以及可靠的育种值估计也需进一步探索。

在一个克隆动物性能测定的建议方案中,设性状遗传力为 $h^2 = 0.25$,这基本符合产奶性状、生长发育性状、肥育性状和胴体性状的遗传结构。在现行的育种值估计(动物模型 BLUP)的基础上,选择出最优秀的公牛和母牛。随后对母牛进行超数排卵、人工授精、胚胎移植和胚胎性别鉴定等生物技术措施,由此得到经性别鉴定的全同胞胚胎。

然后对雌性胚胎进行克隆,以求从每组克隆中得到一定数量的用于性能测定的母牛,并同时冷冻保存一部分克隆胚胎备用。在产奶性能和生长发育性能等性状的测定中,用 10 个克隆同胞测定并估计育种值的准确性,相当于 60 个女儿进行的公牛后测育种值估计的准确性。克隆胚胎经过移植、出生、育成后即可开始对遗传同质的多胞胎组进行生产性能测定,这一组遗传同质母牛应是来源于同一胚胎的。完成性能测定,进行育种值估计,最后选出最优秀的克隆系。再将这些经选择的优秀克隆系的冷冻保存备用的克隆胚胎取出,进行再克隆,并将克隆胚胎用于生产。

与常规育种一样,对不同母牛与公牛选配组合,要进行测交。此外,纯种繁殖克隆技术获得的遗传进展是有限的,进一步的遗传效应同样要从克隆系间杂交中获得。杂种优势效应对于低遗传力性状十分重要。

通过测算,胚胎克隆育种方案获得的育种效益是人工授精育种方案的两倍。

4 结论

新生物技术如胚胎移植和胚胎切割技术日臻成熟,并可在实际中应用。以此为中心发展了新的育种方案,如 MOET 核心群育种方案。其它生物技术诸如胚胎克隆、体外受精、转基因技术等正在世界各国试验室中加紧研究,有望在育种中得到应用。许多国家已将胚胎克隆技术应用于育种实践。而转基因技术在鼠、兔、猪也有突破性进展和部分应用,但技术成本昂

贵,与之相关法律尚不健全,因此距全面应用尚早。

参 考 文 献

- [1] Van Arendonk. P. B. Utilizing Reproduction Techniques in Animal Breeding Programs [C]. Proceeding of 7th Wcgalp (e-Book), 2002, 27-02
- [2] De Boer I. J. et al. Genetic and Clonal Response in Finite Populations with Selection [C]. Proceedings of 4th WCGAR, 1994, 14: 267-270
- [3] Bovenhuis. H. et al. Implications of Selection for Secondary traits on MOET-Nucleus Cattle Breeding Programs for Dairy and Dual-purpose Breeds [J]. Livestock Production Science, 1989, 22: 237-252
- [4] Fewson. D. Efficiency of Nucleus Systems with Embryo Transfer in Cattle Breeding [C]. Proceedings of Symposium on Biotechnology in Animal Breeding, Berlin, RIDU Verlag 1988, 158-169
- [5] Fewson. D. Economic aspects of MOET Breeding Scheme [C]. New Selection Schemes in Cattle, EAAP Publication 1989, 44: 143-160
- [6] Forsberg. E. J. Nuclear Transfer and Genetic Modification in Farm Animals [C]. Proceeding of 7th WCGALP (e-Book), 2002, 27-01
- [7] Juga, J. et al. Genetic Change in a Nucleus Breeding Dairy Herd Using Embryo Transfer [J]. Acta Agric. Scand., 1987, 37: 511-519
- [8] Kinghorn. B. P. et al. Dynamic Tactical Decision System for Animal Breeding [C]. Proceedings of 7th WCGALP (e-Book), 2002, 23-07
- [9] Nicholas. F. W. et al. Increased Rates of Genetic Change in Dairy cattle by Embryo Transfer and Splitting [J]. Animal Production Science, 1983, 36: 341-353
- [10] Teepker. G. et al. Combining Clonal Response and Genetic Response in Dairy Cattle Improvement [J]. Anim. Prod., 1989, 49: 163-169
- [11] Teepker G. et al. Efficiency of MOET Nucleus Breeding Schemes in Selecting for Traits with Low Heritability in Dairy cattle [J]. Anim. Prod., 1990, 50: 213-219
- [12] Wray N. R. et al. Advances in Selection Theory [C]. Proceedings of 4th WCGALP, 1990, 8: 167-176

Dairy Cattle Breeding Programs with Application of Modern Biotechnological Methods

ZHANG Yuan

(College Animal Science & Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: This paper presents the influence of modern techniques of reproduction on the future development of cattle breeding programs, since embryo transfer and embryo splitting are now used in breeding practice and are wide spread. The consequent utilization of these breeding techniques requires new breeding schemes, which are illustrated on the example of closed and integrated MOET-breeding schemes. In future embryo cloning as a further technique will be available for breeding organization. Therefore systematic application is necessary.

Key words: dairy cattle; biotechnology; breeding schemes