

鲁西黄牛肉用品系核心群育种方案遗传和经济评估

张清峰^{1,2}, 许尚忠¹

(1 中国农业科学院 北京畜牧兽医研究所, 北京 100193; 2 菏泽学院 动物科学系, 山东 菏泽 274015)

摘要:针对鲁西黄牛肉用品系现行的核心群育种方案,以育种最大投资回报率为评估标准,通过活体质量、繁殖、日增质量和胴体性状测定记录作为选择信息,根据使用不同可利用记录作为不同选种的标准设定了4种选择方案(方案1:活体质量信息+日增质量信息;方案2:活体质量信息+繁殖信息;方案3:方案1+方案2;方案4:方案3+胴体性状信息),并采用确定性模型评估了4种选择方案的遗传进展和育种效益.结果表明,4种选择方案的年综合育种进展分别为21.87、34.08、38.09和54.86元;育种效益为147.39、204.44、241.83和309.05元;投入产出比为1:3.78、1:4.60、1:5.14和1:5.77;平均世代间隔均为5.53年.以上数据表明,随着可利用信息在选择标准中的变化,遗传进展和育种效益也随之变化,选择方案4可获得较好的育种效果,所以,在现行育种方案中,采用方案4可获得理想的育种效果.

关键词:鲁西黄牛; 育种方案; 遗传进展; 育种效益; 核心群

中图分类号:S823.81;S813.2

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2010)01-0065-05

Genetic and Economic Evaluation of Beef Line of
Luxi Cattle in Nucleus Breeding Schemes

ZHANG Qing-feng^{1,2}, XU Shang-zhong¹

(1 Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

2 Animal Science Department, Heze University, Heze 274015, China)

Abstract: In view of current nucleus breeding schemes for beef line of Luxi cattle, deterministic simulation was used to evaluate 4 selection programs for genetic gain and profitability in the context of maximizing returns from investment. Four selection programs that differed in the records available for use as selection criteria were defined (scheme 1: live mass + daily gain; scheme 2: live mass + reproduction traits; scheme 3: scheme 1 + scheme 2; scheme 4: scheme 3 + carcass traits). The results show that genetic gains per year was 21.87, 34.08, 38.09 and 54.86 Yuan, respectively; profit was 147.39, 204.44, 241.83 and 309.05 Yuan, respectively; ration of total costs and total returns was 1:3.78, 1:4.60, 1:5.14 and 1:5.77, respectively; and average generation interval was 5.53 years for the 4 selection programs. At the same time it shows completely that genetic gain and profit are changing with records available changing in selection criteria, and it could derive better breeding efficiency from the fourth selection program. Therefore, idea breeding gain can be derived from scheme 4 in the current nucleus breeding scheme.

Key words: Luxi cattle; breeding scheme; genetic gain; breeding profit; nucleus

育种者的主要目的是根据适宜的育种目标选育过程中得以实现,所以把育种方案的评估结果作为优良的种用个体. 由于育种目标在育种方案的实施育种目标实现程度的衡量指标,而把畜禽育种目标

收稿日期:2009-02-24

作者简介:张清峰(1978—),男,讲师,博士;通讯作者:许尚忠(1950—),男,研究员,E-mail:simmenta@vip.sina.com

基金项目:国家科技支撑计划重大项目(2006BAD01A10);菏泽学院基金(xy08bs02)

性状的年遗传进展和育种效益作为评估任何选择方案的标准^[1]. 近年来,一些学者关于牛育种目标的确定^[2-5]和育种方案评估^[1,6-9]做了一定的研究. 而 ZPLAN 是动物育种规划专用程序,该程序依据生物学、育种技术和经济学参数,应用基因流动法和选择指数理论,通过运算可以获得各育种方案的多性状综合育种进展、各性状年遗传进展、育种投入、育种产出和育种效益等. 该程序设定投资期内的参数和选择方案不变,在一个选择周期内没有考虑有限选择群体由于选择和近交而引起遗传方差的下降. 关于 ZPLAN 程序,Nitter 等^[7]做了详细的描述. 一些学者分别应用该程序对牛育种方案进行了评估^[1,5,7-9]. 核心群育种方案^[10]的优势在于引入高产群体的基因,改良低产群,加快遗传进展. 就鲁西黄牛的育种而言,由于受到种种制约因素,如:群体小、系统性能测定不完善、种用生产性能和系谱记录不完整、育种组织不健全等,因而到目前为止,还没有有效的遗传改进方案. 又由于黄牛育种投入的资金不足,专门化技术滞后,以及所有群体中人工授精技术和生产性能记录基础上实施一个有效改进方案的结构不完整,所以,核心群育种方案对于鲁西黄牛的遗传改进不失为一种好的策略. 本研究的目的是根据使用不同可利用记录作为不同选种的标准,通过对鲁西黄牛肉用品系核心群育种方案中设定的 4 种选择方案进行遗传和经济评估,分析选种中可利用信息对育种效果的影响,为现行育种方案的改进提供理论指导,进而实现更好的育种效果.

1 材料与方法

本研究使用计算机程序 ZPLAN^[11]评估鲁西黄

牛肉用品系核心群育种方案的 4 种选择方案.

1.1 育种目标和遗传参数

育种方案效率的评估首先要求确定育种目标,作者在其他研究^[12]中分析确定了鲁西黄牛肉用品系近期的育种目标性状和相应的选择性状(表 1),并采用差额法计算出各目标性状的边际效益分别为:周岁质量 5.71 元/kg、成年母牛质量 -2.84 元/kg、育肥期日质量 0.90 元/(g·d⁻¹)、胴体等级 60.30 元/级、初产年龄 -3.52 元/d、产犊间隔 -6.16 元/d、射精量 55.23 元/mL、屠宰率每提高 1% 边际效益为 402.00 元. 各目标性状和选择性状的遗传参数见表 2^[5,13-17].

表 1 鲁西黄牛肉用品系育种目标性状和选择性状
Tab.1 Breeding objective traits and selected traits for beef line of Luxi cattle

目标性状	选择性状
周岁质量(YW)	初生质量(BW),断奶质量(WW),周岁质量
成年母牛质量(MCW)	成年母牛质量
育肥期日质量(FDG)	育肥场测定的日增质量
胴体等级(CG)	活牛等级评定
屠宰率(DP)	屠宰测定记录
初产年龄(AFC)	育种场记录
产犊间隔(CI)	情期一次受胎率(FSC)
射精量(EV)	睾丸围(SC)

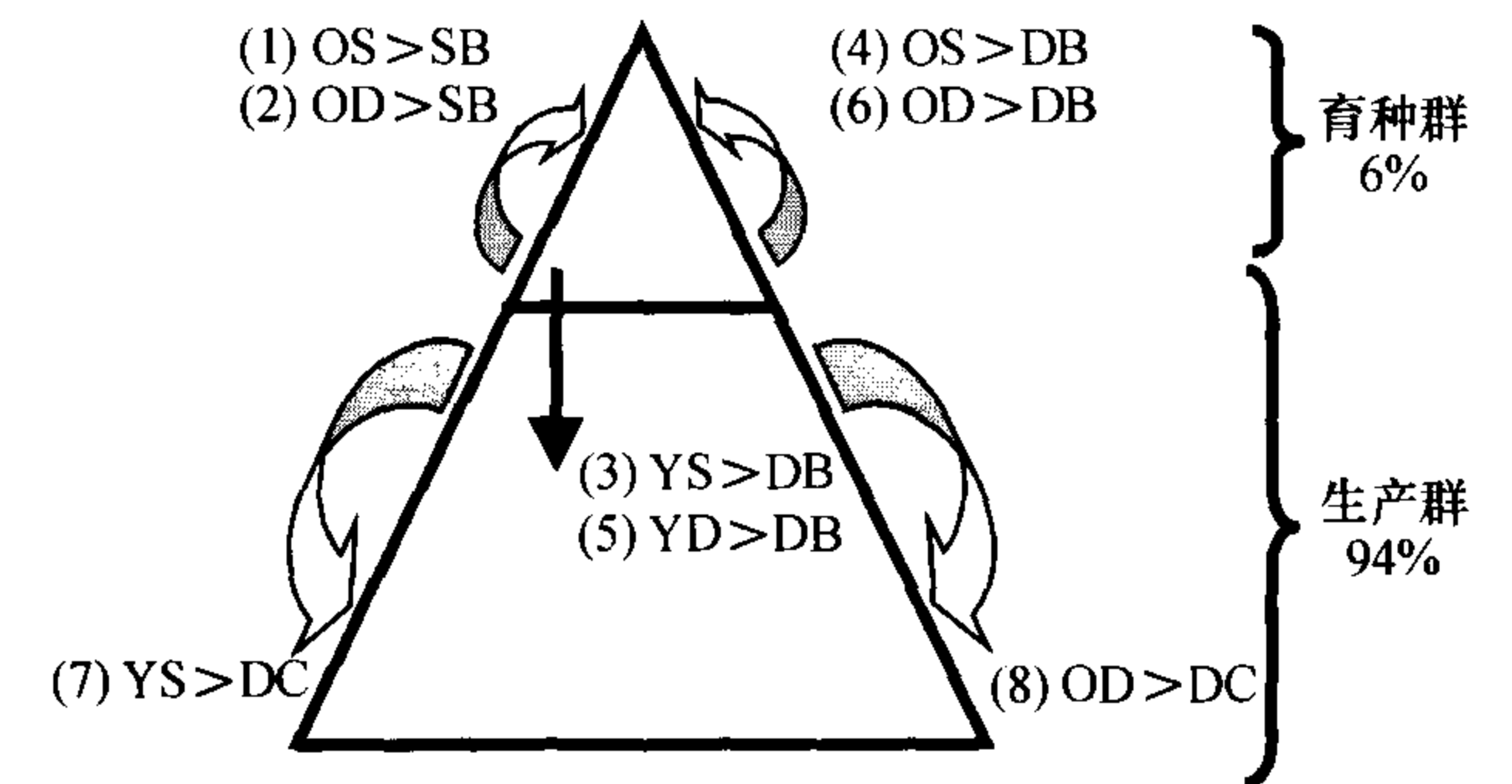
1.2 群体结构和选择组

鲁西黄牛肉用品系群体包括育种群和生产群 2 部分. 育种群是育种工作的核心部分,就育种本身而言,其具有累积性;生产群是育种工作的基础部分. 在育种实践中,育种群中获得的遗传进展通过公牛、精液或胚胎传递到生产群中. 群体结构反映了育种方

表 2 目标性状和选择性状表型标准差(σ_p)、遗传力(h^2)以及遗传相关(上三角)和表型相关(下三角)
Tab.2 Phenotypic standard deviations (σ_p), heritabilities (h^2), and genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations among traits in selection criteria and in the breeding objective

性状	σ_p	h^2	BW	WW	YW	MCW	FDG	DP	CG	AFC	CI	FSC	EV	SC
BW	3.46	0.43		0.43	0.55	0.30	0.20	0.00	0.00	0.56	-0.42	0.00	0.00	0.56
WW	18.40	0.30	0.52		0.81	0.37	0.21	0.20	0.00	-0.05	-0.10	0.00	0.00	-0.05
YW	38.00	0.40	0.38	0.71		0.72	0.00	0.18	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
MCW	54.00	0.50	0.42	0.44	0.72		0.10	0.00	0.00	-0.08	-0.08	0.00	0.00	-0.08
FDG	98.00	0.41	0.27	0.26	0.00	0.11		-0.03	0.14	0.08	0.00	0.00	0.00	-0.29
DP	2.10	0.35	0.00	0.08	0.19	0.00	-0.01		0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CG	1.33	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.26		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AFC	96.60	0.20	0.47	-0.04	0.16	-0.07	0.07	0.00	0.00		0.05	0.00	0.00	0.17
CI	65.79	0.05	-0.36	-0.09	0.00	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.17		0.00	0.00	0.14
FSC	47.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
EV	1.70	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.08
SC	21.30	0.46	0.07	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.15	-0.17	0.00	0.26	

案的规模与范围,在很大程度上影响总的育种效果. 在育种群和生产群中对种牛的选择和使用不同,可将其分成 8 个选择组,也就是基因的流向途径(图 1).



图中:OS > SB 为种子公牛即培育下一代公牛的公牛;OD > SB 为种子母牛即育种群培育下一代公牛的母牛;YS > DB 为测验公牛即培育母牛青年公牛;OS > DB 为验证公牛即育种群培育下一代母牛的公牛;YD > DB 为青年母牛即育种群培育下一代母牛的母牛;OD > DB 为一般种用母牛即育种群培育下一代母牛的母牛;YS > DC 为生产群公牛即生产群母牛父亲;OD > DC 为生产群母牛即生产群母牛母亲

图 1 核心群育种方案的群体结构

Fig. 1 Herd construction in nucleus breeding scheme

本研究总群体规模为10 000头基础母牛,有生产性能测定和系谱(谱)记录的核心群基础母牛占总群体的6%,核心群和生产群为100%的人工授精(Artificial insemination, AI),不考虑超数排卵和胚胎移植(Multiple ovulation embryo transplant, MOET). 育种成本分为2部分,一部分是不受候选育种方案影响的固定成本,一部分是完全执行育种方案所特别需要开支的可变成本,正常的生产性成本不列入育种成本范围. 核心群和生产群群体结构的群体、生物学和育种技术以及成本参数见表3. 参数来源见文献[12].

1.3 选择方案和指数信息

育种方案建立的主要问题是投资回收,所以确定可用记录不同的方案可以作为选择标准使用^[2]. 根据使用不同可利用记录作为不同选种的标准,本研究设定了4个选择方案,方案1:活体质量信息+日增质量信息;方案2:活体质量信息+繁殖信息;方案3:方案1+方案2;方案4:方案3+胴体性状信息. 在育种实践中,所有根据选择方案中可利用选择标准制定的最宜选择指数是选择开展的基础. 由于测验公牛数受测验能力的限制,使得后裔测验的公牛数相对减少且世代间隔相对延长. 所以,在所有方案中,模拟一个2阶段选择过程,第1阶段选择过程中,公牛根据性能测定按照一定比例进行选择. 对于所有选择组,信息主要来源于个体成绩、父系半同胞成绩、母亲成绩和父亲成绩,此外,对于父亲成绩而言,还包括其他后裔的成绩.

表 3 核心群和生产群群体结构的群体、生物学和育种技术成本参数

Tab. 3 Population, biological and breeding technical parameters describing the nucleus and commercial herd structure and recording costs

项目	核心群	生产群
群体参数		
基础母牛数/头	600	9 400
主动育种群比例/%	6	94
种子母牛在育种群中的比例/%	8	
每年后裔测定公牛儿子数/头	30.00	
每年选留验证公牛/头	1	
公母牛比例/%	2	0.2
初产年龄/年	2.5	2.5
女儿出生时测验公牛平均年龄/年	4.5	
测验公牛第1后代出生时的平均年龄/年	2.5	
验证公牛第1个后代出生时的平均年龄/年	6.5	
种子母牛第1个后代出生时的平均年龄/年	4.5	
生产年限		
青年公牛/年		8
种子公牛/年	6	
一般验证公牛/年	4	
生产群母牛/年		8
种子母牛/年	5	
一般种子母牛/年	6	
成活率和繁殖指数		
犊牛成活率/%	98	97
断奶犊牛成活率/%	99	98
周岁成活率/%	99	98
产犊间隔/年	0.99	1.00
每头母牛年产犊牛/头	0.96	0.94
母牛适合育种比例/%	70	50
公牛适合育种比例/%	80	60
性别比例/%	50	50
成本参数		
500 头主动育种牛的每年固定成本/元	25 000	0.00
10 000 头主动育种牛的每年固定成本/元	300 000	0.00
初生质量测定费/元	1.00	1.00
断奶质量测定费/元	1.50	1.50
周岁质量测定费/元	1.50	0.00
成年母牛质量测定费/元	2.00	2.00
胴体性状测定费/元	10.00	0.00
规划投资期/年	20	20
规划成本利率/%	5	5
规划产出利率/%	6	5

2 结果与分析

2.1 鲁西黄牛肉用品系 4 种选择方案各选择组结果分析

核心群 6 个选择组(1~6)和生产群 2 个选择组(7 和 8)的计算参数来自表 2 和表 3,计算结果见表

4. 从表 4 可知,选择准确性、遗传进展和育种效益都随着记录信息应用的变化而变化,这符合育种实际. 由于 $YS > DC$ 和 $OD > DC$ 为商品群的终端个体,所以它们对遗传进展的贡献为 0;种公牛和种母牛对遗传进展贡献的相对比例达到 55% 左右,而对育种产出量贡献的相对比例达到 50% 左右;比较核心种群公牛组($OS > SB$ 和 $OS > DB$)和母牛组($OD > DB$ 和 $OD > SB$),公牛组对遗传进展贡献的相对比例达 65% 以上,对育种产出量的贡献相对比例则基本持平,这说明在育种过程中,种公牛起着主要作用. 由于 $YS > DB$ 和 $YD > DB$ 未经验证直接在育种群中使用,所以其所有选择组中的遗传进展最小. 另外,在选择准确度上,由于可利用的遗传信息不完整,所以总体水平较低.

表 4 处理 4 种选择方案育种目标各选择组的选择准确性、遗传进展和育种效益

Tab. 4 Accuracy of selection, genetic superiority and total return of selection group for the breeding objectives addressing four breeding schemes

选择组	选中个体数	候选个体数	世代间隔	选择准确度 ¹⁾				遗传进展 ¹⁾				育种产出量 ¹⁾			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
OS>SB	1.00	14.84	6.00	0.17	0.22	0.31	0.45	179.16	276.30	291.86	441.82	44.94	61.58	70.72	122.53
OD>SB	24.00	99.75	4.97	0.16	0.22	0.26	0.31	81.40	128.95	171.26	317.77	23.04	32.25	46.96	46.96
YS>DB	14.00	195.55	2.25	0.16	0.20	0.22	0.22	121.56	169.40	171.46	186.99	3.68	4.65	5.27	5.27
OS>DB	0.21	12.24	6.97	0.17	0.22	0.26	0.45	187.80	296.20	315.37	209.40	14.36	19.03	22.79	44.66
YD>DB	99.75	211.97	2.25	0.16	0.22	0.26	0.27	55.02	87.16	99.94	100.72	2.49	3.42	4.18	4.18
OD>DB	150.00	191.52	5.90	0.16	0.22	0.31	0.31	43.80	69.39	84.58	0.00	3.64	4.85	6.59	6.59
YS>DC	4.70	195.55	4.15	0.16	0.20	0.22	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	83.42	110.36	118.67	118.665
OD>DC	1 880.00	4 107.80	4.88	0.13	0.13	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	24.74	25.03	25.03	25.03

1) 1 为方案 1; 2 为方案 2; 3 为方案 3; 4 为方案 4

2.2 鲁西黄牛肉用品系 4 种选择方案的预期育种效果分析

现有的育种技术和条件下,如果采用 AI 育种体系,在设定规划期为 20 年、牛群规模为 10 000 头的前提下,4 种选择方案的预期育种效果见表 5. 从表 5 可知,方案 1、方案 2、方案 3 和方案 4 中,年综合遗传进展、育种产出量、育种投入量和育种效益依次递增,充分说明,随着记录信息利用的增加,选择的效果随之增加^[2,8]. 平均世代间隔在 4 个方案中保持 5.53 年不变外,与国外肉牛的世代间隔平均不到 5.4 年接近.

从表 5 还可知,方案 4 的年综合遗传进展最高,每头母牛为 54.86 元,而黑牛每头母牛为 578.90 元^[6],瘤牛每头母牛为 161.2 元^[18],中国西门塔尔每头母牛为 101.55 元^[19]. 而育种产出量与育种投入量反映的是育种群和生产群的平均效果,同时也反映了一个选择周期内,所有育种措施在规划投资期间的效果^[20]. 育种产出量是在规划期内所有产出组分的累积值,它是通过育种群内一个选择周期所获得的遗传进展传递到生产群中去实现的. 表 5 的 4 个方案的投入-产出比分别为 1:3.78、1:4.60、1:5.14 和 1:5.77. 黑牛为 1:5.47^[6],中国西门塔尔牛为 1:8^[19];方案 4 的育种效益为 309.05 元,中国西门塔尔牛为 368.40 元^[19]. 以上分析充分说明,方案 4 可获得理想的育种效果,但仍有待进一步优化提高的空间.

表 5 4 种选择方案预期的育种效果

Tab. 5 The predicted breeding results of 4 selection program

选择方案	年综合遗传进展/元	育种产出量/元	育种投入量/元	育种效益/元	平均世代间隔/年
1	21.87	200.30	52.91	147.39	5.53
2	34.08	261.17	56.73	204.44	5.53
3	38.09	300.20	58.37	241.83	5.53
4	54.86	373.87	64.83	309.05	5.53

2.3 鲁西黄牛肉用品系 4 种选择方案的单体性状年遗传进展和育种效益

4 种方案的单性状年遗传进展和育种效益计算结果见图 2. 由图 2 可知,随着记录信息的利用,各目标性状的单性状遗传进展和育种效益均发生变化,且遗传进展和育种效益的变化趋势相同.

纵观各目标性状,周岁质量、生长能力、育肥期日增质量和初产年龄获得的遗传进展和育种效益较大,产犊间隔和射精量获得的遗传进展和育种效益最小;屠宰率和胴体等级的遗传进展相对较小,但育种效益相对较大. 一方面由于生长发育性状和胴体性状为中等遗传力,繁殖性状是低遗传力性状,且部分性状的遗传标准差较小,如胴体等级的遗传标准差为 0.2;另一方面可能与遗传参数有关,如射精量与其他性状的遗传相关设定为 0,所以,选择进展难以体现. 但从育种发展来看,生长发育性状和胴体性状选育加强的同时,要兼顾繁殖性状^[12].

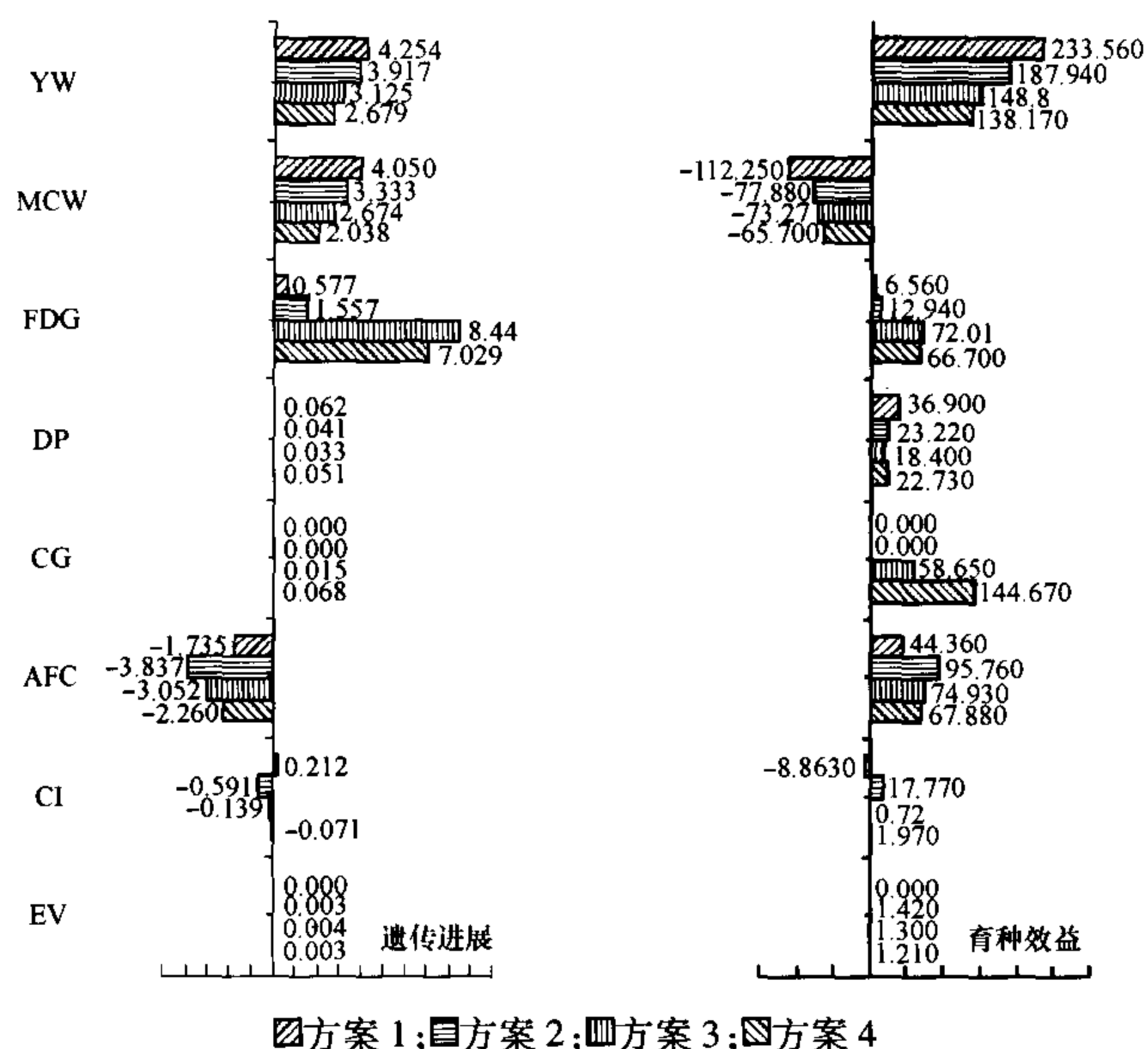


图2 4种选择方案的单性状年遗传进展和育种效益

Fig. 2 Genetic gain per year and profit of four breeding schemes for single trait

3 讨论

本研究从生长发育、繁殖、胴体性状的不同可利用信息组合作为选择标准而设定方案. 在可利用信息中,生长发育和繁殖性状的信息容易获得且一直伴随着选择过程. 今后,胴体性状将是一个非常重要的经济性状,也是育种者急切期望改进的性状,加强胴体性状的选择可获得可观的经济效益. 方案4也说明了选择方案中利用胴体性状信息的重要性. 但是,胴体信息主要来源于该公牛后裔屠宰后的测量值,由于动物屠宰后测定胴体性状是获得信息的唯一渠道,所以这种方法时效慢且费用昂贵. 超声波活体测定以及标记辅助选择(Marker assisted selection, MAS)青年公牛及其亲属早期的胴体性状记录信息具有广泛的前景.

ZPLAN是动物育种规划专用计算机程序,该程序包括了畜禽育种规划的大部分方法,但没有考虑有限选择群体由于选择和近交而带来的遗传方差下降的问题,不过,许多研究表明通过进一步考虑群体遗传变异度的下降,并不改变模型评估的候选方案的顺序^[21-22]. 此外,由于本研究使用的确定性模型是鉴于鲁西黄牛原种场及周边辐射区域生产水平上获得的成本和经济效益的基础上提出关于怎样最好地使育种方案结构化的建议,所以许多育种结构里没有完全分辨所有资金源的所有权. 然而在没有完全反映遗传值价格的市场体系中,来自遗传改进方案的市场分配以及成本和收益分布是非常重要的^[9],这就提醒我们在某个养牛地区把这一推断结果提供个人指导时,应该慎重考虑. 同时表明适宜于

某个畜牧水平的评估结论并不意味着这个结论适宜于个体生产者.

参考文献:

- [1] KAHN A K, NITTER G. Developing breeding schemes for pasture based dairy production systems in Kenya: I: Derivation of economic values using profit functions [J]. Livestock Production Science, 2004, 88: 161-177.
- [2] KAHN A K, NITTER G, GALL C F. Developing breeding schemes for pasture based dairy production systems in Kenya: II: Evaluation of alternative objectives and schemes using a two-tier open nucleus and young bull system [J]. Livestock Production Science, 2004, 88: 179-192.
- [3] WOLFOVÁ M, WOLF J, ZAHŘÁDKOVÁ R, et al. Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 1: Model development [J]. Livestock Production Science, 2005, 95: 201-215.
- [4] AMER P R, SIMM G, KEANE M G, et al. Breeding objectives for beef cattle in Ireland [J]. Livestock Production Science, 2001, 67: 223-239.
- [5] WOOD B J, ARCHER J A, VAN DER WERFAET J H J. Response to selection in beef cattle using IGF-1 as a selection criterion for residual feed intake under different Australian breeding objectives [J]. Livestock Production Science, 2004, 91: 69-81.
- [6] KAHN A K, HIFOOKA H. Genetic and economic evaluation of Japanese Black cattle breeding schemes [J]. Journal of Animal Science, 2005, 83: 2021-2032.
- [7] NITTER G, GRASER H U, BARWICK S A. Evaluation of advanced industry breeding schemes for Australian beef cattle: I: Method of evaluation and analysis for an example population structure [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1994, 45: 1641-1656.
- [8] GRASER H U, NITTER G, BARWICK S A. Evaluation of advanced industry breeding schemes for Australian beef cattle: II: selection on combinations of growth, reproduction and carcass criteria [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1994, 45: 1657-1669.
- [9] ARCHER J A, BARWICK S A, GRASER H U. Economic evaluation of beef cattle breeding schemes incorporating performance testing of young bulls for feed intake [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2004, 44: 393-404.
- [10] SMITH C. Genetic improvement of livestock using nucleus breeding units [J]. World Animal Review, 1988, 65: 2-10.
- [11] KARRAS E, NIEBEL E, GRASER H U, et al. ZPLAN: A computer program to optimize livestock selection program [M]. Stuttgart: University of Hohenheim, 1997.

(下转第74页)

- [9] GUPTA S K, MAJUMDAR S K, BHATTACHARYA T, et al. Studies on the relationships between the synonymous codon usage and protein secondary structural units [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2000, 269(3): 692-696.
- [10] MARAIS G D, MOUCHIROUD D, DURET L. Neutral effect of recombination on base composition in *Drosophila* [J]. Genet Res, 2003, 81: 79-87.
- [11] COMERON J M, KREITMAN M. The correlation between synonymous and nonsynonymous substitutions in *Drosophila*: Mutation, selection or relaxed constraints? [J]. Genetics, 1998, 150: 767-775.
- [12] DURET L. Evolution of synonymous codon usage in metazoans [J]. Curr Opin Genet Dev, 2002, 12: 640-669.
- [13] AKASHI H. Translational selection and yeast proteome evolution [J]. Genetics, 2003, 164: 1291-1303.
- [14] PLOTKIN J B, ROBINS H, LEVINE A J. Tissue-specific codon usage and the expression of human genes [J]. Proc Natl Acad Sci, 2004, 101: 12588-12591.
- [15] SE' MON M, LOBRY J R, DURET L. No evidence for tissue-specific adaptation of synonymous codon usage in humans [J]. Mol Biol Evol, 2006, 23(3): 523-529.
- [16] PARISI M, NUTTALL R, EDWARDS P, et al. A survey of ovary-, testis-, and soma-biased gene expression in *Drosophila melanogaster* adults [J]. Genome Biol, 2004, 5: R40.
- [17] RANZ J M, CASTILLO-DAVIS C I, MEIKLEJOHN C D, et al. Sex-dependent gene expression and evolution of the *Drosophila* transcriptome [J]. Science, 2003, 300: 1742-1745.
- [18] 吴宪明, 吴松锋, 任大明, 等. 密码子偏性的分析方法及相关研究进展[J]. 遗传, 2007, 29(4): 420-426.
- [19] GUPTA S K, BHATTACHARYA T K, GHOSH T C. Synonymous codon usage in *Lactococcus lactis*: mutational bias versus translational selection [J]. J Biomol Struct Dyn, 2004, 21: 1-9.
- [20] PEIXOTO L, ZAVALA A, ROMERO H, et al. The strength of translational selection for codon usage varies in three replicons of *Sinorhizobium meliloti* [J]. Gene, 2003, 320: 109-116.
- [21] HOU Z C, YANG N. Factors affecting codon usage in *Yersinia pestis* [J]. Acta Biochimica et Biophysica Sinica, 2003, 25: 580-586.
- [22] WRIGHT F. The "effective number of codon" used in a gene [J]. Gene, 1990, 87: 23-29.
- [23] SINGER G A C, HICKEY D A. Thermophilic prokaryotes have characteristic pattern of codon usage, amino acid composition and nucleotide content [J]. Gene, 2003, 317: 39-47.
- [24] ROMERO H, ZAVALA A, MUSTO H, et al. The influence of translational selection on codon usage in fishes from the family Cyprinidae [J]. Gene, 2003, 317: 141-147.
- [25] DURET L, MOUCHIROUD D. Expression pattern and, surprisingly, gene length shape codon usage in *Caenorhabditis*, *Drosophila*, and *Arabidopsis* [J]. Proc Natl Acad Sci, 1999, 96: 4482-4487.

【责任编辑 柴 焰】

(上接第69页)

- [12] 张清峰, 许尚忠, 李俊雅, 等. 鲁西黄牛肉用品系育种目标性状和选择性状研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(2): 33-37.
- [13] KOOTS K R, GIBSON J P, SMITH C, et al. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits: 1: Heritability [J]. Animal Breeding Abstract, 1994, 62: 309-338.
- [14] KOOTS K R, GIBSON J P, SMITH C, et al. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits: 2: Phenotypic and genetic correlations [J]. Animal Breeding Abstract, 1994, 62: 825-853.
- [15] KEALEY C G, MACNEIL M D, TESS M W, et al. Estimation of genetic parameters of yearling scrotal circumference and semen characteristics in line 1 hereford bulls [J]. Animal Science, 2006, 84: 283-290.
- [16] GREGORY K E, CUNDIFF L V, KOCH R M. Genetic and phenotypic (co) variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle [J]. Journal of Animal Science, 1995, 73: 1920-1926.
- [17] RILEY A C, CHASE C C, Jr, HAMMOND A C, et al. Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle [J]. Journal of Animal Science, 2002, 80: 955-962.
- [18] LÔBO R N B, MADALENA F E, PENNA V M. Evaluation of alternative breeding programs for dual purpose zebu cattle [J]. Rev Bras Zootec, 2000, 29(5): 1361-1370.
- [19] 李俊雅. 中国西门塔尔牛核心群优化育种规划的研究[D]. 北京: 中国农业大学动物科学院, 2002.
- [20] 张沅. 家畜育种规划[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000: 96-179.
- [21] DUBOIS C, MANFREDI E, RICARD A. Optimization of breeding schemes for sport horses [J]. Livestock Science, 2008, 18: 99-112.
- [22] GICHEHA M G, KOSGEY I S, BEBE B O, et al. Evaluation of the efficiency of alternative two-tier nucleus breeding systems designed to improve meat sheep in Kenya [J]. Journal of Animal Breeding and Genetics, 2006, 123(4): 247-257.

【责任编辑 柴 焰】