

应用线性规划技术作家畜选种选配决策

巨 智 勇

(西北农业大学畜牧系)

摘 要

在五个遗传目标约束下, 经对8头乳公牛用电子计算机优化选择实验, 得出在不降低乳脂率, 乳蛋白率等生产性能条件下, 预期后裔产奶量改进达231~278kg。根据选配线性规划数学模型的特殊系数结构, 应用“运输问题”的简便求解方法, 求得畜群的最佳交配组合, 结果使估测的后裔指数提高约9%。

关键词: 线性规划; 优化选种; 后裔指数; 家畜

线性规划作为一种欲用最小消耗达到最大经济目标的定量决策分析技术, 在许多工业管理方面获得了巨大的经济效益。旨在以最少饲料消耗, 获得最多畜产品的畜牧业, 也已利用该技术配合最佳饲料配方和决定有限资源条件下的最佳畜禽结构, 得到令人满意结果。本文试图将这一优化技术应用到家畜选种、选配上, 创造优良畜群, 获得高产。下面以乳牛为例作探索。

1 选 种

1.1 选种数学模型的建立

种公牛站面临多头后裔测定公牛的选择淘汰问题, 奶牛场面临对公牛站不同特点公牛搭配使用问题。公牛的各项后裔测定指标往往不是十全十美, 对奶产量改良效果好的牛, 可能对乳脂率改良效果差, 或外貌有缺陷等。这使育种者难以作最终选择及决定用度。如何在某个遗传目标约束下选择使用公牛, 使后裔畜群产奶量达到最大, 我们将这一问题抽象为线性规划的求解过程。

(1) 已知西安草滩农场使用过的8头公牛, 根据其在牧一、牧三队129头女儿性能统计, 得出表1所列公牛后裔性状表现均值。

8头公牛后裔个数在12~20之间。群体均值为随机抽取的129头, 1982年出生母牛的头胎性能值。

(2) 奶牛生产场家总希望在保证乳脂率、乳蛋白率及外貌条件达到某一标准时, 奶产量生产越多越好, 根据这一实践想法, 我们制订遗传目标如表2。

本文于1986年7月12日收到。

表1 3头乳用公牛后裔性状表现均值

公 牛	产奶量	乳脂率	乳蛋白率	乳脂量	乳蛋白量	体重	体高	外貌评分	乳房评分
1	5595	3.59	2.87	204.1	160.7	580	137	72	19
2	5454	3.72	2.76	205.8	152.6	506	133	76	20
3	5652	3.56	2.82	202.2	158.1	491	129	74	20
4	4971	3.84	2.70	196.2	153.3	496	132	73	21
5	4326	3.72	2.82	167.3	126.8	516	132	72	20
6	4662	3.75	2.83	195.2	136.8	489	129	76	21
7	5347	3.82	3.01	205.3	155.8	481	131	77	24
8	5097	3.68	2.68	191.3	134.4	475	128	78	22
群体均值	5026	3.67	2.79	199.8	151.2	502	131	73.1	21.3

表2 遗传目标约束水平

约束条件	乳脂率	乳蛋白率	乳脂量	乳蛋白量	体重	体高	外貌评分	乳房评分
遗传目标1	3.67	2.79	199.8	151.2	500	130	80	24
遗传目标2	3.67	2.79	199.8	151.2	500	130	75	22.5
遗传目标3	3.67	2.79	199.8	151.2	500	130	70	21
遗传目标4	3.67	2.79	199.8	151.2	500	130	65	19.5
遗传目标5	3.60	2.85	199.8	151.2	500	130	70	21

总的来说，遗传目标制订是让乳脂率、乳蛋白率、乳脂量和乳蛋白量不低于与配母畜群当前均值。体重、体高超过《中国黑白花奶牛标准》规定的下限指标。遗传目标1~4的区别仅在于外貌、乳房评分的不同。这是根据中国奶牛协会对母畜制订的鉴定标准，依次为特、一、二和三等牛评分要求。遗传目标5是根据目前育种发展动向，降低了乳脂率约束（3.6），提高乳蛋白率约束（2.85），其它性状约束于二等母牛群标准。

3、由上述已知条件，得出下列线性规划数学模型，约束方程为：

$$\begin{cases}
 x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 = 1 \\
 3.59x_1 + 3.76x_2 + 3.56x_3 + 3.84x_4 + 3.72x_5 + 3.75x_6 + 3.82x_7 + 3.68x_8 \geq 3.67 \\
 2.87x_1 + 2.76x_2 + 2.82x_3 + 2.70x_4 + 2.82x_5 + 2.83x_6 + 3.01x_7 + 2.68x_8 \geq 2.79 \\
 204.1x_1 + 205.8x_2 + 202.2x_3 + 196.2x_4 + 167.3x_5 + 195.2x_6 + 205.3x_7 \\
 \quad + 191.4x_8 \geq 199.8 \\
 160.7x_1 + 152.6x_2 + 158.1x_3 + 153.3x_4 + 126.8x_5 + 136.8x_6 + 155.8x_7 \\
 \quad + 134.4x_8 \geq 151.2 \\
 580x_1 + 506x_2 + 461x_3 + 496x_4 + 516x_5 + 489x_6 + 481x_7 + 475x_8 \geq 500 \\
 137x_1 + 133x_2 + 129x_3 + 132x_4 + 132x_5 + 129x_6 + 132x_7 + 128x_8 \geq 130 \\
 72x_1 + 76x_2 + 74x_3 + 73x_4 + 72x_5 + 76x_6 + 77x_7 + 78x_8 \geq 70 \\
 19x_1 + 23x_2 + 20x_3 + 21x_4 + 20x_5 + 21x_6 + 24x_7 + 22x_8 \geq 21 \\
 x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad x_3 \geq 0 \quad x_4 \geq 0 \quad x_5 \geq 0 \quad x_6 \geq 0 \quad x_7 \geq 0 \quad x_8 \geq 0
 \end{cases}$$

目标函数为:

$$f = 5595x_1 + 5454x_2 + 5652x_3 + 4971x_4 + 4326x_5 + 4662x_6 + 5347x_7 + 5097x_8 = M_{..}$$

其中: x_i 分别代表各头公畜用度, 计算为 0, 即为淘汰, 非零数值表示选择及对与配母畜群限制使用比率。该模型就是说, 使用哪几头公畜及用度能满足约束方程, 而且取得的奶产量结果最大。

1.2 电子计算机计算结果

利用编制的 BASIC 求解程序, 在 APPLE-Ⅱ 型机上运算。每个遗传目标计算运行 7 分钟, 得出结果列于表 3。

表3 计算出不同遗传目标下的公牛选择及用度(%)

遗传目标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	获最大奶产量
1			无	可	行	解			
2	0	83.3	16.7	0	0	0	0	0	5487
3	14.7	0	44.7	0	0	0	40.6	0	5520
4	14.7	0	44.7	0	0	0	40.6	0	5520
5	4.3	34.7	61.0	0	0	0	0	0	5581

从表 3 可见, 4, 5, 6, 8 号公牛均未被各遗传目标采用, 即淘汰。遗传目标 1 无可行解, 就是说, 使用这几头公牛无法使公牛后裔达到要求水平, 即后代母牛特等牛群条件。

遗传目标 2 选择了 2, 3 号二头公牛。产奶量中等, 其它生产性能指标较优的 2 号公牛用度较大 (83.39%), 而后裔产奶量最高, 乳脂率及外貌评分较差的 3 号公牛用度较小 (16.7%)。可望取得的后裔最大产奶量为 5487kg, 比与配母畜群均值提高 461kg (5487~5026kg)。根据公畜供给后裔半数基因原理, 通过线性规划优化选择公牛, 可使后裔母牛群平均产奶量提高 230.5kg。

遗传目标 3 选择了 1, 3, 7 号公牛。由于等级约束降低, 对后裔产奶量改良最大的 1 和 3 号公牛用度增大。预期后裔母牛群产奶量也进一步提高 (247kg)。遗传目标 4 与目标 3 计算结果相同, 说明降低后裔等级再起不到调节作用, 也不会使后裔产奶量继续升高。

降低了乳脂率要求, 提高乳蛋白率约束的遗传目标 5 选择了 1, 2, 3 号公牛, 使后裔奶产量获最大提高 (278kg)。说明这一育种方向是可行的。

从上述选择结果看, 产奶量改良效果好的公牛使用较多。由于人工授精技术的实施, 一般满足精液需求并不困难。上述计算对与配母畜群要求是其群体生产性能均值大于遗传目标约束水平, 产奶量群体均值为目前试验畜群水平 (5026kg)。由于是建立在群体均值基础上的计算, 可不考虑遗传力, 数量性状群体均值即等于育种值。所以, 每头家畜平均提高产奶量至少 231kg, 对较大畜群来说, 经济效益就是一个可观的数字。

2 选 配

选种是决定个体对畜群基因库的贡献多少, 选配关系到这些基因的组合形式。如果生产

场能有效地利用选种、选配这两个武器，它的牛群会另是一个样子。目前，实践中多是采用肉眼观察，选型交配。或是只选择公畜，对与配母畜采取随机配种。从长远考虑，这既不经济，又不科学。

2.1 选配的数学模型

设 x_{ij} 为第 i 个公畜与第 j 个母畜的交配组合， A_{ij} 为其后裔指数，它是几个加性遗传性状的非线性函数。设有 n 头公畜， m 头母畜，欲选择 k 个交配组合 ($k \leq m$)，即欲淘汰 $m-k$ 头母畜。得约束方程为：

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1 & \text{(母畜只配一次)} \\ \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq b_i & \text{(各公畜限制交配头数)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = k & \text{(选 } k \text{ 个交配组合)} \\ x_{ij} = 0 \text{ 或 } 1 & \text{(不配或交配)} \end{cases}$$

目标函数为：

$$f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{ij} x_{ij} = M \cdot x$$

即从 $n \times m$ 个交配组合中，选出 k 个交配组合，使预测的后裔指数最大。也就是确定了最佳的交配组合。

2.2 模型的求解

若用线性规划的单纯形解法求解，该模型有 $m+n+1$ 个约束方程， $m \times n$ 个变量，再加 $m+n$ 个松弛度量，计算显得特别复杂。即使用电子计算机也内存有限。所以，对较大畜群的选配、用该法计算过于繁琐。仔细分析该模型系数结构，发现与运筹学的“运输问题”模型相似，就可用简单的表上作业法初始求解，再用闭回路法改进为最优解。对小畜群可直接用笔算出，大畜群可上机运算。

如我们用遗传目标 3 选择的 3 头公畜与 10 头母畜选配，准备淘汰 2 头母牛，即从 3×10 个交配组合中选择出 8 个最佳交配组合。首先需按公母牛各半贡献子代基因，估测出所有交配组合的后裔指数，列于表 4 求解。

表 4 选择最佳交配组合的“表上作业法”解模型

公畜号 (i)	母 畜 号 (j)										公畜交配次数
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	99	114	112	98	105	99	107	107	100	94	1
3	112	108	116	103	117	98	118	102	121	105	3
7	103	96	108	98	106	95	105	119	106	109	4
母畜交配次数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	$A_{ij}=105.6$

表4模型中,前3行,10列数据为计算的后裔指数,末行为母畜交配次数约束,末列为公畜交配头数约束(等于用度乘选择交配对数)。

用表上作业法求初始解,先从最大指数确定起,如表中121最大,选择 x_{37} 交配组合,然后划去第9列,即因母畜限交配一头公畜。再从3号公畜限制交配头数中减去1。这样依次从最大值选下去,直至达到要求选择的交配组合。如果公畜限制交配头数减为0,也应划去该行,至所有公畜配完。这样,得初始可行解为:

交配组合	X_{37}	X_{78}	X_{57}	X_{35}	X_{33}	X_{12}	X_{710}	X_{77}
后裔指数	121	119	118	117	116	114	109	103

再用闭合路法检验初始解,并改进为最优解。最后确定的最佳交配组合如下:

交配组合	X_{37}	X_{78}	X_{57}	X_{35}	X_{31}	X_{12}	X_{710}	X_{73}
后裔指数	121	119	118	117	112	114	109	108

如采用选择的这三头公牛对母牛随机交配,可能取得的后裔指数均值为105.6。优化选配得后裔指数均值为114.8,即提高近9%。

当然,线性规划选配是对数量性状改进而言的,对质量性状不适用。可用预测的后裔指数,也可用综合选择指数,还可用公母各加性性状育种值估测的函数。另外,选配前的母畜也可是经选择过的。

运输问题(Transportation Problem)和指派问题(assignment Problem)都是线性规划的特殊类型。乍看选配好似与指派问题相当,指派不同专长的人去完成不同类型任务,以取得整个生产效益最大。但指配公母畜不是一对关系,公畜可配多头。完全与最佳化运输问题相同。可用其理论方法求出最佳交配组合。

3 结 语

育种场和生产场利用线性规划进行优化选种选配,可使牛群质量和生产能力一代取得很大改进。由于该方法注重整体优化,即建立在群体均值上的优化,所以,经济效果会很显著。线性规划选种和选配技术可结合应用,也可根据需要单独应用。这是一种不用投资即可收益的技术,种畜场或畜牧场不妨付之实践。

邱怀教授对该文作精心审阅,特表谢意。

参 考 文 献

- 1 李维静等. 运筹学. 清华大学出版社, 1982
- 2 王遗宝等. 应用电子计算机设计配合饲料的最佳配方. 上海农业科技 1984(4): 25-26
- 3 高祥助等. 利用线性规划探求最佳畜禽结构. 江苏农业科学 1983(7): 41-42
- 4 Shanks R D. Choosing Progeny-Tested Holstein Sires That Meet Genetic Goals at Minimum semen Cost. *J Dairy Sci* 1979; 62(9): 1429-1434
- 5 McGilliard M L. Selecting Groups of Sires by Computer to Maximize Herd Breeding Goals. *J Dairy Sci* 1983; 66(3): 647-653
- 6 McGilliard M L. Breeding Programs of Dairymen Selecting Holstein Sires by Computer. *J Dairy Sci* 1983; 66(3): 654-659
- 7 Jansen. Linear Programming in Selection of Livestock. *J Dairy Sci* 1985; 68(4): 897-901

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING

TECHNIQUES IN LIVESTOCK AND MATE

SELECTION

Ju Zhiyong

(*Department Animal Husbandry, Northwestern Agricultural
University*)

Abstract

The linear programming models were developed for optimum livestock and mate selection. Through a computerized selecting test for 8 dairy sires under 5 genetic goals, the milk production of the progeny, on the average, was expected to be 231--278 kg with no reduction in 8 other production traits, such as fat and protein percentages. According to special coefficient construction of linear programming model for mate selection, the simple "transportation problem" method was used to obtain the optimum mating pairs so that the progeny index increased about 9%.

Key words: linear programming; optimum selection; progeny index; Livestock