

良种细毛羊经济性状遗传参数和 选种方法的研究*

柳 楠

(吉林省农科院畜牧所)

家畜选种的目的是通过家畜遗传素质的改良,提高其经济价值。对几个经济性状作为育种目标进行选择时,一般有三种方法:顺序选择法、独立淘汰法和选择指数法。

Hazel和Lush(1942)、Young(1961)证明了在相同选择强度下,选择指数法的效率最高。Kempthorne和Nordskog(1959)提出约束指数方法,使选择指数的适用范围更广阔灵活。国内外许多学者曾对选择指数的理论研究有过报道。关于绵羊的选择指数国外学者也有过研究。但我国的绵羊选种多采用独立淘汰法,关于指数选择的研究甚少。

遗传参数是进行指数选择的基本数据,遗传参数估计的正确与否,直接影响指数选择的准确性。为了减少遗传参数估计的误差,本文采用最小二乘分析法对良种细毛羊原始资料进行了必要矫正,用矫正后资料估计主要经济性状的遗传参数,采用这些参数制定了综合选择指数和约束选择指数,并比较了选择指数法与现行的等级淘汰法的选择效果,为良种细毛羊选种提供参考。

一、材料和方法

(一) 材料来源

材料为吉林省前郭县查干花种畜场1978~1982年羊群的1.5岁母羊育种记录和实验室分析资料。良种细毛羊是采用澳洲美利奴公羊和波尔华斯母羊级进杂交育成的新品种群。羊群从1978年开始对理想型羊进行横交,横交羊代数不一,按含澳血量不同将羊群分成四级。因而研究用的每个样本分别处在不同的年度和不同的含澳血量水平上(如表1)。

表1 样本的年度分布

年 度	1978	1979	1980	1981	1982	共 计
N	168	80	469	371	131	1269

样本的含血量分布

含 血 量	50%以下	51~60%	61~70%	71~80%以上	共 计
N	276	261	523	209	1269

* 本文是在张乃武导师指导下完成的研究生毕业论文的主要部分,在论文撰写过程中得到畜牧所许为全、刘松元、杨德新、闻长相四位老师的指导协助。谨在此一并致谢。

(二) 资料统计方法

1、为消除资料中年度不同、含溴血量不同的影响，对有关数据进行两因素最小二乘分析。各性状测定值的数学模型为：

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

其中： X_{ijk} ——各性状测定值

μ ——全群均值

α_i ——第*i*年效应 ($i = 1, 2, \dots, P$)

β_j ——第*j*级含血量效应 ($j = 1, 2, \dots, q$)

ε_{ijk} ——第*i*年第*j*级含血量中第*k*个样本的随机效应，它服从 $N(0, \sigma^2)$ 分 ($k = 1, 2, \dots, n_{ij}$)

估计各效应值的正规方程组，用矩阵形式表示为：

$$\begin{pmatrix} X'X & X'B \\ B'X & B'B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\alpha} \\ \hat{\beta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'Y \\ B'Y \end{pmatrix}$$

2、遗传参数的估计。用最小二乘效应值将测定值矫正到同一年度和同一含血量水平后进行遗传参数的估计。遗传力用父系半同胞法和母女相关法计算，遗传相关采用《统计遗传学》中公式 8、6 计算。

各性状经济权系数参照羊毛和羊肉的市场价格，用每个性状提高一个单位的收入额制定。

3、综合选择指数的计算公式：

$$b = P^{-1}G_a$$

$$\Delta G = (i_I / \sigma_I) G' b$$

其中： b ——指数的偏回归系数向量 (m 维)

P ——表型协方差矩阵 (n 阶)

a ——经济权系数向量 (m 维)

G ——遗传协方差矩阵 ($n \times m$)，其一般元素 $\text{cov}G_{(i)G_j}$ 是第 i 个指数性状 X_i 和第 j 个改良性状的遗传协方差。 $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, m$ 。

ΔG ——性状每世代遗传改进量向量 (n 维)

G ——其各行与指数中性状相对应，各列与 ΔG 相对应。

i_I ——选择强度

σ_I ——指数标准差，它等于 $\sqrt{b' P b}$

4、约束指数的计算公式：

$$b = P^{-1}G_a$$

$$\text{其中： } b = \begin{pmatrix} b_{n \times 1} \\ \lambda_{r \times 1} \end{pmatrix} \quad P = \begin{pmatrix} P_{n \times n} & G_{n \times r} \\ G_{r \times n} & O_{r \times r} \end{pmatrix} \quad G_a = \begin{pmatrix} G_{a_{n \times 1}} \\ O_{r \times 1} \end{pmatrix}$$

P ——表型协方差矩阵 G ——遗传协方差矩阵 G ——零阵
 λ ——拉格朗吉不定乘子 n ——指数中性状数 r ——约束性状数
 $\Delta G = (i_I / \sigma_I) G' b$

5、等级淘汰法的遗传进展量等于选择性状的直接进展加上选择其它性状所获得的相关进展，公式为

$$\Delta G_i = i_i h_i^2 \sigma_i + \sum_{j=1}^n i_j h_j^2 h_{ij} \gamma_{(ij)} \sigma_i$$

其中： $i, j = 1, 2, \dots, n$ ， n 为性状数
 h ——遗传力平方根
 σ_i ——性状标准差
 i ——选择强度
 $\gamma_{(ij)}$ ——遗传相关

二、研究结果

(一) 各经济性状的最小二乘分析结果

表2 最小二乘分析结果

效 应 值		性状	污毛量 (kg)	毛长 (Cm)	剪毛后体重 (kg)	细度 (μ)	净毛率 (%)
\bar{X}			7.72	12.26	33.22	22.91	61.32
SD			1.267	1.171	4.165	1.263	7.134
年度效应	1978		-0.43	0.46	-1.82		
	1979		-0.53	0.33	-1.62		
	1980		0.91	-0.16	0.99		
	1981		-0.26	-0.23	0.91		
	1982		0.07	-0.51	1.45		
含血量效应	50%以下		-0.07	0.16	-0.50	0.063	-0.097
	51~60%		0.01	0.04	-0.12	-0.011	0.049
	61~70%		-0.03	0.06	0.22	-0.074	0.006
	71~80%以上		0.21	-0.59	0.39	0.260	-1.353

注：污毛量： $F=0.15 < F(9, 583; 0.05)=1.85$ $\overset{N.S.}{<}$

毛长： $F=1.48 < F(9, 597; 0.05)=1.85$ $\overset{N.S.}{<}$

体重： $F=1.12 < F(9, 589; 0.05)=1.85$ $\overset{N.S.}{<}$

F——检验结果均无交互作用。

由表2可见，不同年度效应离均值范围较大，说明年度对群体均值影响严重。剪毛后净毛率逐年增加，毛长逐年变短，污毛量呈波动性变化。细度、净毛率只有1980年一个年度有实验室资料，故无年度效应。

不同含血量效应离均值范围较小,说明含血量对群体影响不大。剪毛后体重随含血量增加而减少,污毛量、细度、净毛率变化不规律。按绝对值衡量,各性状在四级含血量效应中均以70~80%以上为大。

(二) 性状的遗传参数估计结果

表3 各性状遗传参数

	净毛量	污毛量	剪毛后体重	毛长	细度	净毛率
净毛量	0.170	0.640**	0.252**	0.275**	0.014	0.666**
污毛量	0.871**	0.132	0.352**	0.179**	0.074	-0.0516
剪毛后体重	0.674	0.599	0.325**	0.134**	0.067	-0.048
毛长	0.443	0.345	0.152	0.304**	0.064	0.171**
细度	-0.156	-0.013	0.091	0.384	0.07	-0.109
净毛率	0.658*	0.474	0.018	0.239	-0.062	0.104
经济权系数(a)	13.32	6.66	1.18	0.21	0	-

注: *显著 ($P < 0.05$) **极显著 ($P < 0.01$), 对角线为遗传力, 对角线上右为表型相关, 对角线下左为遗传相关。

经济权系数(a)的确定

污毛量: 每公斤市场收购价为6.66元。

净毛量: 按50%净毛率折算每公斤净毛价值为13.32元。

体重: 1只40公斤的绵羊按净肉率35%折算可出肉28斤, 每斤肉的(当时)市场价格约为1.50元, 其肉总值为42元, 每张羊皮约值5元, 则每公斤体重约值1.18元。

毛长: 在6厘米基础上每提高1厘米, 羊毛收购等级差价为0.21元。

细度: 是毛质的主要指标, 其本身无市场价格。但毛纺工艺对细度要求有一定范围。因为目前良种细毛羊羊毛细度已达到育种指标要求, 并符合毛纺工艺的要求范围, 所以育种中不要求细度有何进展, 故其经济权系数为0。

(三) 选择指数的研究

绵羊的主要生产性能是产毛量, 指数选择应以提高产毛性能为主。而净毛量是一个综合性状, 它能真正反映绵羊的生产力水平。但是由于受育种条件的限制, 现场中还不能把净毛量作为直接选择的性状。为了提高净毛量, 本文制定了以污毛量(X_1)、体重(X_2)、毛长(X_3)和细度(X_4)为指数性状, 以净毛量、污毛量和体重为改良性状的选择指数。指数式用资料统计方法3的公式计算得:

$$I_1 = 1.3820X_1 + 0.8812X_2 + 1.0453X_3 - 0.4037X_4$$

$$\Delta G = \begin{pmatrix} 0.1767 \\ 0.2092 \\ 1.3658 \\ 0.1549 \\ 0.0233 \end{pmatrix} i_1$$

当留种率为38%时 ($i_I = 1$)，各性状每世代可望的遗传进展量为：净毛量0.18公斤；污毛量0.21公斤；体重1.37公斤；同时获得毛长0.15厘米和细度0.023微米的进展。

(四) 约束指数的制定

毛纺工艺对羊毛细度要求比较严格，羊毛过粗过细都会给毛纺工业带来损失。目前良种细毛羊羊毛细度已达到指标要求，但因用选择指数法选择细度每世代要增加0.023微米。为了控制细度的变粗有必要对细度进行约束选择。本文引用阿部(1969)关于约束指数的简化计算方法，研究了对细度进行约束的选择指数。公式见资料统计方法4。

1、以污毛量 (X_1)、体重 (X_2) 及毛长 (X_3) 作为选择性状，以细度 (X_4) 作为约束性状的选择指数式为：

$$I_2 = 0.7657X_1 + 0.5355X_2 + 0.1210X_3 - 0.3843X_4$$

$$\Delta G = \begin{pmatrix} 0.2009 \\ 1.4064 \\ 0.0047 \\ 0.0000 \end{pmatrix} i_I$$

当留种率38%时 ($i_I = 1$)，各性状每世代可望的遗传进展量为：污毛量0.20公斤；体重1.41公斤；毛长0.005厘米和细度0微米。

2、以净毛量 (X_1)、体重 (X_2) 及毛长 (X_3) 作为选择性状，以细度 (X_4) 作为约束性状的选择指数式为：

$$I_3 = 2.2757X_1 + 0.6840X_2 + 0.3830X_3 - 0.3587X_4$$

$$\Delta G = \begin{pmatrix} 0.1950 \\ 1.4484 \\ 0.1344 \\ 0.0000 \end{pmatrix} i_I$$

当留种率38%时 ($i_I = 1$)，各性状每世代可望的遗传进展量为：净毛量0.195公斤；体重1.45公斤；毛长0.13厘米和细度0微米。

(五) 选择指数法与现场等级淘汰法选择效果的对比研究结果

用每世代综合育种值的进展量 (ΔH) 衡量两种方法的选择效果， $\Delta H = a_1 \Delta G_1 + a_2 \Delta G_2 + \dots + a_n \Delta G_n$ 。选择净毛量、污毛量、剪毛后体重、毛长和细度五个性状，利用资料统计方法3、5分别计算两种选择方法的 ΔH 值，结果列入表4。

表4中 ΔH 值表明，选择指数法的综合育种值进展量是等级淘汰法的1.34倍。等级淘汰法的遗传进展量 (ΔG) 相当于指数法的71.89%。

表 4

两种选择方法的 ΔH 值

性 状	经济权系 数 (a)	等 级 淘 汰 法			选 择 指 数 法			
		留种率*	选择强度	ΔG	留种率**	选择强度	ΔG	b
净毛量	13.32	0.78	0.380	0.1887	0.2437	1.295	0.2546	3.0572
污毛量	6.66	0.69	0.512	0.2357			0.2830	0.0818
体 重	1.18	0.75	0.424	1.2361			1.8452	0.8718
毛 长	0.21	0.96	0.089	0.1674			0.1999	0.7268
细 度	0	0.85	0.274	0.0359			0.0099	-0.3157
其 他		0.74						
ΔH		5.5770			7.4954			

注: * 等级淘汰法的留种率用单项指标的合格率表示为:

$$\text{留种率}\% = \frac{\text{该当年度特、一级留种羊数}}{\text{该当年度被选择羊数}} \times 100$$

表 4 中各性状的留种率与 1980~1982 年的平均留种率。

** 选择指数法的留种率用 1980~1982 年全群总留种率表示, 等于各性状留种率之积:

$$0.2437 = 0.78 \times 0.69 \times 0.75 \times 0.96 \times 0.85 \times 0.74$$

三、讨 论

(一) 资料矫正的必要性

遗传参数是选种的基本依据, 为了准确地估计遗传参数, 往往采用合并不同年度资料的办法, 以加大样本的数量, 提高估计的准确度。但是, 由于选择和环境的作用, 各年度资料间存在着较大的差异, 必须用矫正方法消除这些差异, 才能达到准确估计遗传参数的目的。本文所取资料, 由于是横交初期, 羊群内各横交羊含血量不同, 当然还有不同含血量对测定数据的影响。所以, 本文采用最小二乘分析方法, 对所取资料进行了年度、含血量的矫正, 以消除这些效应的影响。用矫正后资料估计遗传参数 (如表 5), 表 5 说明对年度、含血量的矫正是必要的。

表 5

性 状	矫正	父 系 半 同 胞 法						与女相关法		
		毛 长	污毛量	体 重	细 度	净毛量	净毛率	毛 长	污毛量	体 重
矫正前	N	303	287	288	325	399	396	311	294	292
	F^2	-0.003	0.339	0.283	-0.003	0.072	-0.002	-0.015	0.397	0.933
矫正后	N	303	287	288	325	399	396	311	294	292
	F^2	0.105	0.126	0.051	0.035	0.170	0.104	0.394	0.132	0.925

(二) 关于经济权系数的制定

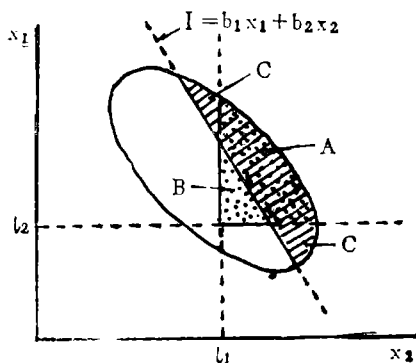
准确地制定经济权系数 (a) 是一项复杂的工作。根据我国目前毛纺工业经济状况和肉食品的需求情况, 本文用一般市场价格折算成绵羊各经济性状的 a 值, 它能反映选择性状现阶段在经济上所存在的比例关系, 而 (a) 值正是通过这种比例关系对选择指数产生影响。

(三) 选择指数法和等级淘汰法对选择群体的作用

采用等级淘汰法选种，能使羊群的各种性状达到均匀整齐，但羊群的综合育种值进展比较缓慢。表4说明等级淘汰法的选择效果不如选择指数法，其原因分析为：

1、等级淘汰法可分别规定出每个性状的选择标准，按这些标准定等淘汰。然而当选择标准定的低时，性状的进展就受制约。而选择指数法是综合各性状的遗传力、性状间相关和经济权系数通过表型值对基因型值的选择，指数中有经济权系数作为基本参数，因而与经济效益关系密切。采用指数选择可使综合育种值得到最大进展。

2、两种选择方法对选择群体的不同效应，可以用图说明，当选择两个性状时，在相同的选择强度下，等级淘汰法得到A+B部分，选择指数法得到A+C部分，A是两种方法共同得到的部分。与B相比C位于两个性状共同分布的椭圆形的外周部位，这表示选择指数法能将在某个性状上具有突出特性的个体作为选择对象，能够丰富群体的多样性，使各性状群体均值得到较快的提高。而等级淘汰法会将某性状上具有突出优点的个体漏选，使部分优良基因流失。



3、育种指标性状定得过多也是等级淘汰法遗传进展缓慢的原因之一。当选择N个性状羊群留种率(P)确定后，就要

有 \sqrt{P} 的羊留种，育种指标定得越多，就要迅速降低重点选择性状的选择强度，使其进展缓慢。

(四) 有关选择指数的一些问题

在本文制定的三个选择指数中， I_3 的选择效果最好，由于把净毛量作为指数性状进行直接选择，使各性状的遗传进展量较大，而且羊毛细度保持不变。但由于目前还不能把净毛量作为直接选择的性状，只能通过选择污毛量来提高产毛性能。而 I_1 、 I_2 适合当前的选种条件。 I_1 与 I_2 相比较， I_1 中污毛量、毛长的遗传进展量较大，但细度有变粗趋势。而 I_2 中细度不变化，但污毛量、毛长的遗传进展量较小。

在各性状遗传力、标准差不变的情况下，影响遗传进展的主要因素就是选择强度(留种率)。良种细毛羊目前处于发展数量阶段，不会有大的淘汰率，所以各性状每世代的遗传进展量不应要求过高，特别是对遗传力较低的性状。因而今后的育种目标似应依据畜群的淘汰率、性状的遗传力和性状间相关制定。

指数选择的准确度，受遗传参数估计误差影响较大，所以尽可能准确地估计遗传参数，才能使指数选择取得最大的经济效益。畜群的遗传参数并不是一成不变的，经过几代的选择或引种以及环境的变化都会改变群体的遗传参数，所以每隔几年就应重新估计畜群

的遗传参数，并对选择指数进行改进和修订。

本文中用指数选择所获得的各性状遗传进展量是理论上的预测值，其与实际获得的遗传进展值的比较，有待进一步研究。

参 考 文 献

- 〔1〕横内国生：选拔指数法の家畜育种への適用。日本畜产试验场季报。
- 〔2〕Arthur, L. : 1930, Selection index theory and its use in animal breeding. Dairy. Sci. Handbook. 13: 134~133.
- 〔3〕阿部猛夫：1969. 制限つき选拔指数式の作り方について。日本家畜学会志. 8: 204~203.
- 〔4〕Kempthorne, O. and Nordskog, A. W.: 1959, Restricted selection indices. Biometrics, 15: 10~19.
- 〔5〕吴仲贤：1977. 统计遗传学, 科学出版社。
- 〔6〕盛志廉：1980. 综合选择指数。动物数量遗传通讯, 1: 36~44.
- 〔7〕杨达：1982. 约束指数的检验及一些理论考虑。动物数量遗传通讯, 4: 7~23.
- 〔8〕许为全等：1984. 良种细毛羊重要经济性状的遗传参数及其变异规律（未发表）。
- 〔9〕Harvey, W.R.: 1975. Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers. ARS H-4, U.S.D.A.
- 〔10〕横内国生, 阿部猛夫：1977. 优良乳用种雄牛选拔事业における种雄牛の評価法。日本第16回乳牛研究会資料。
- 〔11〕Melton, B.E.: 1979. Estimation of economic values for selection indices. Anim. Prod, 28: 279~296.