

用BLUP方法估计北京市 黑白花种公牛育种值的研究

张 勤 陈 霞

(北京农业大学)

摘 要

本文利用北京市奶牛研究所提供的2872头母牛的第一泌乳期记录,用BLUP方法估计了17头公牛的关于泌乳量和乳脂率两个性状的复合育种值。所用的模型包含牛场-年-季节效应(固定)、观察值对女儿初产月龄的回归、公牛效应(随机)、公牛组效应(固定)和随机误差。研究表明,BLUP方法是适用于我国奶牛业的实际情况的,在一个省市内进行公牛比较,有一台微处理机就能解决全部计算问题,因此这一方法是值得在我国加以研究和推广的。

引 言

目前在世界各国使用的各种公牛评定方法中,最引人注目的要算最佳线性无偏预测法(Best Linear Unbiased Prediction,即BLUP)。这个方法的基本思想是C. R. Henderson^[1]在1966年提出的,经过几年的理论和实际应用的研究,在1973年和1974年, Henderson对BLUP方法的理论和应用作了系统的阐述^[2,3],从而引起了各国学者的普遍兴趣和重视。目前这个方法已经在美国的东北部、加拿大、英国、德意志联邦共和国及其他一些国家得到了广泛的推广和应用。一系列的研究表明,这个方法比过去普遍使用的同群牛比较法(Herdmate Comparison)、同期同龄比较法(Contemporary Comparison)等方法具有更高的准确性^[4,5]。

在国内, BLUP方法在近两年才引起人们的注意,但对它的实际应用还缺乏研究。为了探索BLUP方法在我国奶牛育种中的适用性,我们用这一方法估计了北京市种公牛站17头黑白花种公牛的泌乳量和乳脂率两个性状的复合育种值,希望藉此能使我国育种工作者对这一方法有进一步的了解,并为在我国推广这一方法积累一些经验。

材 料 和 方 法

所有材料均由北京市奶牛研究所提供。其中包括北京市种公牛站17头种公牛,在1975~1981年间产犊的2872个女儿的第一泌乳期记录,这些女儿分布在北京市八大牛场,其中有2331个女儿有乳脂率记录。所有产奶量记录均按北京地区不同泌乳天数产奶量校正

* 本文承蒙吴仲贤教授指导,并经沈沛生、吴常信、陈维博、张斌等先生审阅指正,北京市奶牛研究所洪广田、顾燕榆、徐慧如等同志给予热情帮助,在此一并致以衷心的感谢。

** 本文于1984年8月30日收稿。

公式〔6〕校正为305天产奶量记录。泌乳天数低于210天者未予收集。有关遗传参数采用张斌等的估计〔7〕,这些遗传参数是:(见右表)。

性 状	表型方差	遗传力	遗传相关
305天校正奶	722500	0.2	
乳脂率	0.1296	0.3	-0.22

BLUP方法的基础是一线性混合模型,根据模型建立混合模型方程组,而后通过对方程组求解而得到公牛的估计育种值。

根据北京地区的牛群结构和生产特点,可设计模型如下:

$$y_{hijkl} = h - y - s_{hi} + g_{hj} + s_{hjk} + b_{ya_h} (a_{hijkl} - \bar{a}_h) + e_{hijkl}$$

其中 y_{hijkl} 为第*i*个场-年-季节中第*j*公牛组的第*k*头公牛的第*l*头女儿的记录;

$h-y-s_{hi}$ 为第*i*个场-年-季节效应 ($i = 1, 2, \dots, p$);

g_{hj} 为第*j*个公牛组的效应 ($j = 1, 2, \dots, q$);

s_{hjk} 为第*j*公牛组中第*k*头公牛的效应 ($j = 1, 2, \dots, q; k = 1, 2, \dots, r_j$);

a_{hijkl} 为第*ijkl*个女儿的初产月龄;

\bar{a}_h 为所有女儿初产月龄的平均;

b_{ya_h} 为观察值(记录)对女儿初产月龄的回归;

e_{hijkl} 为随机误差。

下标*h*是指第*h* ($h = 1, 2$)个性状。

将此模型写成矩阵和向量的形式:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 a_1 \\ b_2 a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

其中 y 、 h 、 g 、 s 和 e 分别为观察值、场-年-季节效应、公牛组效应、公牛效应和随机误差的向量, X 、 B 和 Z 分别为场-年-季节效应、公牛组效应和公牛效应的结构矩阵, b 为观察值对初产月龄的回归, a 为女儿初产月龄与初产月龄平均之差的向量。下标1表示第一性状(产奶量),下标2表示第二性状(乳脂率)。

在此模型中,设 h 和 g 为固定效应, s 和 e 为随机效应,且有

$$Var \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} = 1/4 \begin{bmatrix} g_{11}A & g_{12}A \\ g_{12}A & g_{22}A \end{bmatrix}$$

其中 g_{11} 和 g_{22} 分别为305天校正奶和乳脂率的加性遗传方差, g_{12} 为两个性状的遗传协方差, A 为公牛间的分子血缘相关矩阵。

$$Var \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (0.75g_{11} + r_{11})I & (0.75g_{12} + r_{12})I \\ (0.75g_{12} + r_{12})I & (0.75g_{22} + r_{22})I \end{bmatrix}$$

其中 r_{11} 和 r_{22} 分别为305天校正奶和乳脂率的环境方差, r_{12} 为两个性状的环境协方差, I 为单位矩阵。

因为1975、1976两年的资料太少,故合并为一年,每年又分为三个季节(3~5月、6~10月、11~2月),这样场-年-季节效应就共有 $8 \times 6 \times 3 = 144$ 个水平,17头公牛按其出生年份分为四组。

关于混合模型方程组的建立,采用了Henderson提出的一个近似方法〔8〕。所得到的是一已将 h 方程和 b_{ya} 方程吸收进了 g 方程和 s 方程的42阶方程组,该方程组的秩比其阶

数要小2, 故需加入两个约束条件。令

$$\hat{g}_{11} + \hat{s}_{111} = 0, \hat{g}_{21} + \hat{s}_{211} = 0$$

亦即我们以第一公牛组的第一头公牛作为公牛间比较的基础。

对加入了以上两个约束条件后的混合模型方程组求解, 即得到各公牛组效应和公牛效应的最佳线性无偏估计, 第 j 公牛组的第 k 头公牛的两个性状的复合育种值可由下式计算:

$$w_1 (\hat{g}_{1j} + \hat{s}_{1jk}) + w_2 (\hat{g}_{2j} + \hat{s}_{2jk})$$

其中 w_1 和 w_2 分别为产奶量和乳脂率的经济权重, 它们分别为0.56元/千克和293元/%^[9], 而 $(\hat{g}_{1j} + \hat{s}_{1jk})$ 和 $(\hat{g}_{2j} + \hat{s}_{2jk})$ 则分别为该公牛产奶量和乳脂率的单个性状的估计育种值。

全部数据处理和计算过程都是在微处理机上完成的, 采用了DBASE-Ⅱ数据库管理系统和FORTRAN程序设计语言。

结 果

各公牛组效应和公牛效应的BLUP值如表1所示, 各公牛单个性状育种值和复合育种值列于表2。

表1 各公牛组效应和公牛效应的BLUP值

效 应	公 牛 组				公 牛							
	g_1	g_2	g_3	g_4	S_{11}	S_{21}	S_{22}	S_{23}	S_{24}	S_{25}		
BLUP值	产奶量(千克)	269.22	4.93	215.94	1847.10	-269.22	212.09	143.95	184.59	-494.28	103.23	
	乳脂率(%)	0.019	-0.073	-0.102	0.163	-0.019	0.162	-0.069	0.071	-0.127	-0.008	
效 应	公 牛											
	S_{31}	S_{32}	S_{33}	S_{34}	S_{35}	S_{36}	S_{41}	S_{42}	S_{43}	S_{44}	S_{45}	
BLUP值	产奶量(千克)	83.71	70.08	-344.69	329.43	-147.06	-496.96	178.01	167.49	28.76	118.78	-365.56
	乳脂率(%)	-0.033	0.047	-0.02	0.013	-0.057	-0.049	-0.067	0.122	0.001	-0.002	-0.036

表2 各公牛单个性状育种值及复合育种值估计值

公 牛 组	1	2					3			
公 牛 号	001	002	003	004	005	006	007	008		
产奶量育种值(千克)	0	217.02	148.88	189.51	-489.35	108.16	299.65	286.02		
乳脂率育种值(%)	0	0.089	-0.142	-0.002	-0.20	-0.081	-0.135	-0.055		
复合育种值(元)	0	147.55	41.85	105.54	-332.55	36.78	128.37	144.12		
公 牛 组	3					4				
公 牛 号	009	010	011	012	013	014	015	016	017	
产奶量育种值(千克)	-128.75	545.36	68.88	-281.02	2025.11	2014.59	1875.85	1965.88	1481.54	
乳脂率育种值(%)	-0.121	-0.088	-0.159	-0.151	0.096	0.285	0.164	0.161	0.128	
复合育种值(元)	-107.61	279.53	-8.01	-201.50	1162.22	1211.76	1098.53	1148.01	867.05	

讨 论

一、BLUP方法的基本原理是线性统计模型方法论与数量遗传学相结合，这种结合使这一方法比过去的育种值估计方法具有更大的灵活性，这种灵活性主要体现在模型的设计上，根据不同的生产特点和资料结构，我们可以设计不同的模型，也就是说，在一个模型中需要考虑哪些因素是根据实际情况而定的。而所谓“最佳线性无偏”这一性质也是针对一定的模型而言的，也就是说，用BLUP方法所得到的估计值只是对于我们所用的模型来说是最佳线性无偏估值。因此，如果我们的模型能够较为准确地描述实际的资料，我们就能得到较为准确的估计值，反之，若模型设计不当，当然也就得不到真正的最佳估计。需要注意的是，欲使一个模型能够准确地描述实际资料，就需要全面考虑各种环境和遗传因素，当利用一个很详细、很完整的统计模型时，计算将变得十分复杂。因此需要在提高准确性和降低计算消耗之间进行适当的折中，必要时，也可先对某些环境因素进行校正，使模型简化。

一般认为，影响乳牛头胎产奶性状的主要非遗传因素有：牛场（包括饲料、饲养管理水平等）、产犊年份、产犊季节、初产月龄、泌乳期长短、挤奶次数、挤奶间隔及遗传与环境的互作等。对于北京地区来说，挤奶次数和挤奶间隔是基本统一的，而牛场间、年份间、季节间、初产月龄等则有较大差异。根据这一特点，我们在设计模型时，考虑了牛场、产犊年份、产犊季节、初产月龄等非遗传因素，而对泌乳天数进行了校正（统一校正为305天产奶量）。由于公牛的出生年份差异较大，在这些年中可能存在遗传进展，因而对公牛按出生年份进行了分组。至于遗传与环境的互作效应，已有一些研究表明，在人工授精条件下，这种效应一般很小^[10,11]，而且若利用BLUP方法，即使存在一定的互作效应，对公牛排队也不产生显著影响^[12]。考虑到这些结果，同时也为了计算上的方便，我们在模型中舍去了遗传与环境的互作效应。

二、与过去的选择指数法相比较，BLUP方法有三个突出的优点。一是它可以更有效地消除各种环境因素的影响，因为在模型中的所有环境效应和遗传效应都可同时得到估计，这就比利用某种校正系数去对环境因素进行校正要准确得多。二是选择指数法要求所有公牛都是来自同一总体的随机样本，而在生产实际中，由于遗传进展的存在，由于选择目标的不同，可造成不同年份出生的公牛或不同地区的公牛所在群体在遗传上有差异，或者说它们实际上是来自不同的总体，这样选择指数法必然产生偏差，而BLUP方法通过对公牛进行分组，就消除了这一偏差。三是由于引进了公牛间的血缘相关矩阵，BLUP方法可以更灵活地利用各种亲属的信息^[13]。但当涉及的公牛头数很多时，对该矩阵的求逆就很困难，好在Henderson已经提供了一种计算血缘相关矩阵的逆矩阵的迅速而简便的方法^[14]。

三、在计算条件许可的情况下，BLUP方法尤适用于大范围内（如几个省市间）的公牛比较。目前我国，各个地区的公牛评定方法极不统一，而且经常变换，对其准确性也缺乏研究，更谈不上进行省市间的公牛比较。这样一方面不能保证及时选出优良的种公牛，另一方面即使选出了优良种公牛也不能充分发挥其优势。随着生产和科学技术的迅速发展，进行大范围内的公牛比较愈来愈显得必要和可能，这

首先需要有一个合适的公牛评定方法, BLUP方法是适用于我国奶牛业的实际情况的, 各地应积极开展对这一方法的研究和应用。

四、BLUP方法也已广泛地应用于肉牛的种用价值评定, 近年来在羊、马、猪等各种家畜中也有人作了一些尝试。我们在引用这个方法进行乳用公牛的评定的同时, 也应积极开展这个方法在其它畜禽育种中的应用的研究。

参 考 文 献

- [1] Henderson, C. R., 1966. Sire evaluation method which accounts for unknown genetic and environmental trends, herd difference, seasons, age effects and differential culling. Proceedings of the National Tech. Symp. on Estimating Breeding Values of Dairy Sires and Cows. Washington, D.C. P.172.
- [2] Henderson, C. R., 1973. Sire evaluation and genetic trends. In: Proceedings of the animal breeding and genetics symposium in honor of Dr. Jary L. Lush. ASAS and ADSA Champaign, Illinois. P. 10.
- [3] Henderson, C. R., 1974. General flexibility of linear model techniques for sire evaluation. J. Dairy Sci., 57:963.
- [4] Rothchild, M. F., C.R.Henderson, & R. W. Evertte, 1976. Bias of sire evaluation for natural service sires and age of sire. J. Dairy Sci., 59: 2091.
- [5] Dempfle, L. & C. Hagger, 1983. Comparison of the efficiency of BLUP with other estimation procedures in dairy evaluation. Z. Tierzuchtg. Zuchtgsbiol. 100: 196.
- [6] 徐慧如、张斌、王桂英, 1984, 关于北京市黑白花奶牛产奶量校正系数的研究。中国畜牧杂志, 3: 12。
- [7] 张斌、顾燕愉、徐慧如、王爱玲, 1982, 北京市黑白花奶牛主要数量性状遗传参数的估测。动物数量遗传通讯, 3: 33。
- [8] Henderson, C. R., 1976. Multiple trait sire evaluation using the relationship matrix. J. Dairy Sci., 59:769.
- [9] 汪强, 1984, 应用电子计算机制定奶牛的综合指数。北京农业大学资料汇编, 6: 111。
- [10] Kelleher, D. J., A. E. Freeman & J. L. Lush, 1967. Importance of bull herd-year-season interaction in milk production. J. Dairy Sci., 50: 1703.
- [11] Mao, I. L. & E. B. Burnside, 1969. Sire by herd environment interaction for milk production. J. Dairy Sci., 52:1055.
- [12] Mohammad, W.A., A. J. Lee, & M. Grossman, 1982. Genotype-environment interaction in sire evaluation. J. Dairy Sci., 65:857.
- [13] Henderson, C. R., 1975. Use of relationship among sires to increase accuracy of sire evaluation. J. Dairy Sci., 58: 1731.
- [14] Henderson, C. R., 1975. Rapid method for computing the inverse of a relationship matrix. J. Dairy Sci., 58: 1727.

STUDIES ON THE ESTIMATION OF BREEDING VALUES OF
BEIJING BLACK-AND-WHITE BULLS BY BLUP METHOD

Zhang Qin, Chen Xia

(*Beijing Agricultural University*)

Abstract

The best linear unbiased prediction method (BLUP) developed by C. R. Henderson has been used widely to predict genetic differences among dairy sires in the northeastern United States, Canada, Great Britain, Federal Republic of Germany and some other countries since 1970's. But it has not been put into practical use in our country up to now. Using 2872 first lactation records from Beijing Dairy Institute, this paper estimated 17 bulls' multiple breeding values for milk yield and fat percentage by the BLUP method. The linear model used involved herd-year-season effects, regression of observations on age at first calving of the same daughters, sire effects, sire group effects, and random errors. This study shows that the BLUP method is suitable for the practical situations in Chinese dairy industry.

第二次全国畜产品加工、贮藏、保鲜学术交流会议会议简讯

中国畜产品加工协会、中国畜牧兽医学学会畜产品加工研究会第二次全国畜产品加工、贮藏、保鲜学术交流会议于1986年6月23~27日在杭州召开。出席会议的代表来自全国20个省、市、自治区有关农业、轻工业、商业、经贸部门,大专院校、科研和生产单位。

会议共收到论文、专题报告48篇。大会组织了国内乳品工业动态、国内外毛皮加工动态、国内外肉类加工概况、中国—瑞典北京乳业培训中心介绍、提高牦牛皮制革质量的关键问题等五个学术专题报告。还组织乳、肉、蛋、皮毛等四个专业组进行了交流活动。选拔推荐为大会宣读的论文有:无铅加工溏心皮蛋的研究、国外毛皮染整动态和我国毛皮染整加工技术的研究、试论羽毛加工设备的改造和除尘、肉类嫩化剂的应用、山羊肉脯的研制、阳极溶出伏安测定皮蛋中的微量铅、酸性条件下柠檬酸盐对酪蛋白稳定性的影响等。

下次会议定于1988年召开,届时还要进行第二届理事会的选举。

《畜牧兽医学报》编辑部