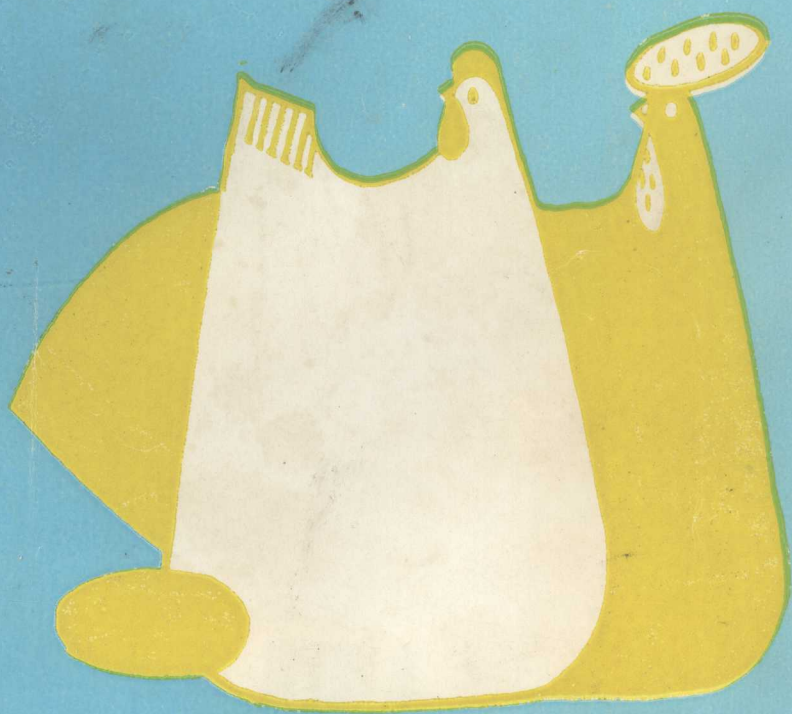


畜牧科技骨干业务提高教材

畜禽生产新技术

四川省畜牧食品办公室组织编审



成都科技大学出版社

畜牧科技骨干业务提高教材

畜禽生产新技术

主 编 罗安治
副主编 李诗洪

畜禽生产新技术

罗安治等 编、著

成都科技大学出版社出版发行

四川省雅安地区印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 25.3 印张

1993 年 10 月 第 1 版 1993 年 10 月 第 1 次印刷

印数：1——2500 字数：586 千字

ISBN7—5616—1201—X/S·71

定价：19.00 元

15

畜牧兽医食品加工及卫检科技骨干业务提高教材 编辑委员会

主任委员 杨 凤
副主任委员 黄昌祥
委 员 罗安治 王天益 廖家棠 文心田
赵太白 冷念祖 胡立炬 杨 明

《畜禽生产新技术》

主 编 罗安治
副主编 李诗洪
编著者 (按章节顺序排列)

蒋必先	第一章
郑鸿培	第二章 第一、二节
曾文先	第二章 第三、四节
宋 育	第三章
李诗洪	第四章
王康宁	第五章
罗安治	第六章 第一、二、三、四、五节
黄勇富	第六章 第六节
史荣仙	第七章
陈圣偶	第八章
朱 庆	第九章 第一、二、三节
谢厚清	第九章 第四、五节
曾繁同	第九章 第六、七节
杨朝麟	第十章
周寿荣	第十一章 第一、二、三、六节
蒲朝龙	第十一章 第四节
吴彦奇	第十一章 第六节

主 审 蔡 立
黄昌祥

前 言

为了便于广大畜牧科技和管理人员了解动物科技发展的最新动态，促进畜牧业发展，四川省畜牧兽医科教主管部门（原省畜牧局科教处，现省畜牧食品办公室生产科教处）组织四川农业大学原畜牧学系（现属四川农业大学动物科技学院）的教授专家编写了《畜禽生产新技术》一本，现已正式出版。

本书从当前经济发展形势出发，着重反映了国内外畜禽生产发展的最新动态，内容翔实、文字精炼、针对性强，书中许多资料反映的最新技术成果和实用新技术是第一次与读者见面，有较高的学术价值和应作价值、是广大畜牧教学、科研及管理人员拓宽、更新知识的重要参考书，并被确定为全省畜牧科技骨干和管理干部业务水平提高教材。

四川省中级畜牧科技骨干的技术培训，从1981年起，我们一直委托四川农业大学进行，并由该校编写了相应的培训教材，本书已是第三次组织编写。为了加强针对性，提高教材质量，本书采用专题式写作，以综述为主，突出先进性、科学性、新颖性和实用性。编辑委员会对提纲和内容进行过三次审定修改，历时18个月，各专题内容是编著者广泛收集国内外有关资料，结合自己长期的教学经验和科研成果撰写而成。相信本书的出版，对推动畜牧业的发展将起到十分积极的作用。本书在编辑委员会和编著者们的共同努力下，虽然问世，但在生物科技突飞猛进的今天，尽管编著者力求反映出专题所涉有关方面的最新成就，但由于文献资料浩如烟海，加之水平所限，遗漏和不妥之处难免，因此诚望广大读者批评指正。

在编写出版、印刷和发行工作中，得到四川农业大学、成都科技大学出版社和四川省教育出版社等有关单位和人员的大力支持和热心帮助，在此一并致以衷心的感谢。

该书的编辑工作得到省畜牧食品办公室主任张新琴、原省畜牧局副局长刘昌谟，原省畜牧局科教处副处长冷念祖等同志的支持和帮助特表示感谢。

四川省畜牧食品办公室生产科教处

一九九三年九月十二日

内 容 提 要

《畜禽生产新技术》是针对当前畜牧业生产实际和发展的需要所提出的问题，选择其中一些重要内容，采用专题形式编写的一本实用性、科学性强，理论和新技术新的畜牧技术书籍。

全书共分十一章，每章由若干专题组成。这些专题反映了现代畜禽生产的优良品种、选择、改良和利用；畜禽营养需要的新进展，工业饲料生产的关键技术环节和检测；反映了提高猪、禽、牛、兔、羊等主要畜禽生产水平和经济效益的新技术、新方法；这些专题针对性强，具有较强的适用性和科学性，反映了畜禽生产的动态和进展，具有较好的先进性和新颖性。是一本既反映畜禽生产最新进展、新理论、新技术，又紧密结合畜牧业生产实际，理论联系实际的一本畜牧生产科技读物。全书共 64 万字。

本书由四川农业大学畜牧系教师编写，参编教师具有较高的学术造诣和丰富的实践经验。

本书可供畜牧技术人员掌握畜牧生产新理论、新技术和知识更新的提高教材；也可作大、中专畜牧专业师生的参考书；对广大畜牧科技人员推广畜禽生产新技术具有重要的参考价值。

目 录

第一章 现代家畜育种理论与实践	(1)
第一节 数量性状的选择	(1)
第二节 畜禽育种值的估计	(7)
第三节 选择指数	(12)
第四节 近交及其应用	(20)
第五节 品种资源的保存与利用	(24)
第六节 品系繁育	(29)
第七节 杂种优势利用	(36)
第二章 生殖激素及其应用	(45)
第一节 生殖激素	(45)
第二节 激素与泌乳——人工诱发泌乳	(61)
第三节 发情控制	(65)
第四节 胚胎移植	(75)
第三章 动物营养	(85)
第一节 动物的能量营养及提高能量利用率的措施	(85)
第二节 动物的蛋白质、氨基酸营养及蛋白质的合理利用	(94)
第三节 动物的矿物质营养	(105)
第四节 动物的维生素营养	(113)
第五节 畜禽营养需要和各类动物营养特点	(116)
第六节 工业饲料	(129)
第四章 家畜生态与行为科学在畜牧业上的应用	(135)
第一节 研究家畜生态的意义	(135)
第二节 生态系统原理	(137)
第三节 家畜的环境及生态因子作用的特点	(143)
第四节 家畜的适应	(146)
第五节 家畜的行为	(154)
第五章 统计分析与试验设计基础	(162)
第一节 统计分析基础	(162)
第二节 常用畜牧试验设计方法	(174)
第六章 提高养猪生产水平及胴体品质的途径与措施	(205)
第一节 养猪业的地位及其发展趋势	(205)
第二节 提高养猪业生产水平的途径和措施	(208)
第三节 专门化品系与杂优猪	(219)
第四节 提高胴体瘦肉率的途径	(224)
第五节 猪肉品质	(228)

第六节 猪的现代生物技术.....	(232)
第七章 肉牛肥育及奶牛体型线性评定.....	(240)
第一节 瘤胃.....	(240)
第二节 肉牛肥育.....	(246)
第三节 奶牛体型线性评定法.....	(253)
第八章 高效养羊生产.....	(269)
第一节 亚热带地区发展绵羊生产的理论与实践.....	(269)
第二节 提高草地养羊业的生产效益.....	(277)
第三节 发展高效益山羊生产.....	(282)
第四节 提高绵、山羊繁殖力的方法与途径.....	(290)
第九章 现代养禽生产新技术.....	(296)
第一节 现代养鸡业的特点和发展趋势.....	(296)
第二节 现代养鸡业的品种和繁育体系.....	(297)
第三节 现代家禽育种方法与自别雌雄品系和矮小型品系的培育.....	(302)
第四节 现代养鸡业的应激及缓和应激的措施.....	(306)
第五节 现代养鸡业的光照管理.....	(310)
第六节 水禽业发展的特点和原因.....	(317)
第七节 大型肉用仔鸭生产.....	(322)
第十章 养兔生产.....	(333)
第一节 养兔的意义及国内外发展近况.....	(333)
第二节 家兔的生物学特性和生活习性及其饲养管理要点.....	(335)
第三节 提高繁殖力的理论与措施.....	(337)
第四节 种兔的选择.....	(342)
第五节 家兔快速育肥的理论与技术.....	(345)
第六节 家兔的毛色和被毛形态的遗传.....	(348)
第七节 家兔的纯种繁育和杂交利用.....	(351)
第十一章 草地及其经营.....	(354)
第一节 中国南方草地农业及其展望.....	(354)
第二节 中国南方的草粮轮作制.....	(359)
第三节 中国南方的草粮间套作制.....	(364)
第四节 林间草地的建立与利用.....	(369)
第五节 秸秆氮化的原理和技术.....	(373)
第六节 四川的天然草地及其经营.....	(378)
主要参考文献.....	(388)

第一章 现代家畜育种理论与实践

第一节 数量性状的选择

一、数量性状的选择原理

数量遗传学的一个基本原理就是把观察到的变量或协变量剖分成几个部分，即遗传部分和环境部分。遗传部分是由许多微效基因效应或称为多基因效应构成的，环境变量则由环境因素造成。当遗传变量与环境变量之间没有相关变异时，某一性状的表型值可以表示为

$P=G+E$ P 为表型值， G 为性状的基因型值， E 为环境值。在环境值中，由于各个个体所处的环境条件有好有坏，有高有低，即有正有负，正负相抵消，以致于使 $\Sigma E=0$ ，对全群来说

$\Sigma P=\Sigma G+\Sigma E$ 等号两端同除以观察数 N 以后得：

$$\frac{\Sigma P}{N}=\frac{\Sigma G}{N}+\frac{\Sigma E}{N} \quad \bar{P}=\bar{G} \quad \bar{P} \text{ 为全群表型值平均数, } \bar{G} \text{ 为全群遗传值的平均数, 当环境值抵}$$

消后， $\bar{P}$ 就等于全群的遗传值。

在遗传值 G 中又可再剖分为基因的加性效应值 A 和基因的显性效应值 D 以及基因互作效应值 I 。由于 D 和 I 两部份对不同的个体表现为有高有低，即有正有负，正负相消，使 $\Sigma D=0$ ， $\Sigma I=0$ ，于是有 $\bar{P}=\bar{A}$ 。从全群的眼光来看，表型平均数就是基因加性效应值的平均数，这一点非常重要，它是数量遗传学的理论基石之一。只有基因的加性效应值能稳定地传递给下一代，所以基因的加性效应值又称为育种值，通过育种能得到巩固的部份。

这里给出了一个重要的理论模型，说明在育种中所能得到的是一些单个基因效应的累加，这一点与孟德尔遗传学概念不矛盾，因为遗传基因是粒子性的，基因之间有分离，自由组合与连锁。但数量遗传又有不同于孟德尔遗传规律的部份，不同之处在于单个基因的作用很微小，因而不表现为 $3:1$ 或 $9:3:3:1$ 等遗传规律，而是形成一些差异不明显的连续性变异，数量性状受微效多基因控制，表型值受环境条件的影响较大。如产奶量、产蛋量、日增重等等。由于性状表现不同，分析的方法也不一样，这就是为什么数量遗传和群体遗传规律的研究需要借助统计学的原因。

二、影响数量性状选择效果的因素

数量性状受多基因控制，基因组成比较复杂，必须用数量遗传学的原理和方法，从性状的表型值中剔除环境影响才能取得较好的选择效果。影响数量性状选择效果的主要因素有以下几种。

(一) 遗传率 现代育种学的研究特点是，以群体为对象，以性状为单位。性状遗传率 (h^2) 是数量遗传学的核心。遗传率的概念最早由 J·L·Lush (1941) 提出，它是现代育种学的标志，是育种学的划时代的进步。

数量遗传学把表型变量中，遗传变量所占的比率定义为遗传决定系数，即性状由遗传决定的程度，称为广义遗传率。用公式表示为 $H^2=\frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}$

σ_G^2 为遗传学把表型变量中，育种值变量所比率定义为遗传率，表示先代的性状传递给后

代的能力，称为狭义遗传率。用公式表示为 $h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$

σ_A^2 为基因的加性效应值，称为育种值，它是 σ_P^2 中可稳定地传递给下一代的部份。 σ_P^2 为表型值。在 H^2 中包含有 σ_A^2 、 σ_D^2 和 σ_I^2 三个部份。在 h^2 中只包含有育种值 σ_A^2 部份。所以一般情况下， $H^2 > h^2$ ， H^2 是 h^2 的上限。

遗传率对数量性状的影响和在育种工作中的作用，主要表现在以下几方面：

1. 遗传率的高低是确定选种方法的重要依据。在制定选育方案时，要考虑主选性状的遗传率，以及遗传率与其他性状间的相关性。它是确定选择方法，制定选育方案的重要依据。
2. 遗传率是制定选择指数的重要参数。根据指数值的高低进行选择，可以提高选择的可靠性和准确性。
3. 根据遗传率的高低，可以预测选育进展。亲代的性能在多大程度上能传递给下一代，通过性状遗传率估测选择反应，可以作出选择进展的预估和判断，以提高育种工作的计划性和预见性。
4. 遗传率的高低，直接影响和决定着育种值的高低，用遗传率可以由表型值估测性状的育种值。
5. 在选择杂交亲本和确定杂交组合方面，也要受性状遗传率的制约。一般情况下，遗传率低的性状，近交时衰退严重，杂交时杂种优势明显。所以在动物杂种优势利用方面，也要应用性状遗传率作出分析和判断。

(二) 选择差与留种率 在对数量性状进行选择时，总是选择经济性能好，表型值高的个体作种用，因此，留种群的平均数与所在群的全群平均数之间有一个差数，这个差数称为选择差。这个差数是个体表型值，它不能全部传递给下一代，所能传递的只是遗传率所决定的部分，所以选择差乘上遗传率就得到选择反应，也就是上一代的选择在下一代得到的反应。用公式表示为 $R = Sh^2$ ， R 为选择反应， S 为性状选择差。当 h^2 一定，选择差越大，选择反应也越大。选择差的大小与留种率有关，所谓留种率即留种数占全群总数的百分率。

$$\text{留种率} = \frac{\text{留种数}}{\text{全群总数}} \times 100\%$$

为了加大选择差，可以减小留种数，提高选择强度，把种群中性能表现最好的少数个体选出作种用，这样就可达到加大选择差，增强选择反应的目的。但是留种率的大小不是单凭主观愿望所能决定的，它受畜群大小，繁殖率和死亡率以及畜群周转情况的制约。

选择差还要受到性状变异程度的影响，同样的留种率，标准差大的性状，选择的范围大，因此选择差也可增大，选择差增大，相应地选择反应也随之增大。

(三) 世代间隔 选择反应是上一个世代的选择，在下一个世代所获得的遗传改进量，而年改进量受一个世代所需年数的影响。一个世代所间隔的年数称为世代间隔。所以世代间隔就是指双亲产生种用子女时的平均年龄。世代间隔长短，因家畜种类不同而有差异。世代间隔长，选育进展慢，世代间隔短，选育进展快。所以缩短世代间隔可以加快选育的进展。

计算世代间隔只需计算成活的并有种用后代的种畜的平均年龄即可。用公式表示为

$$G_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i a_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

式中, a_i 为双亲平均年龄, N_i 为父母年龄相同的子女数, n 为以父母平均年龄相同的分组的组数。以表 1-1 资料计算世代间隔示例;

表 1-1 五窝仔猪的父母月龄表

窝 别	母 亲 月 龄	父 亲 月 龄	留 种 数
1	24	12	3
2	19	12	2
3	21	12	3
4	13	13	1
5	36	13	2

$$G_1 = \frac{3(24+12)/2 + 2(19+12)/2 + 3(21+12)/2 + 1(13+13)/2 + 2(36+13)/2}{11}$$

$$= 196.5/11 = 17.86 \text{ 月} = 1.49 \text{ 年}$$

(四) 性状间相关 在育种工作中, 经常可以发现, 当选择一个性状时, 未加选择的另一个性状也发生了某些变化, 这种变化称为性状间相关变异。从数量上反映出有正向的变化, 称正相关, 有负向的变化, 称为负相关。性状间相关又分为表型相关和遗传相关。遗传相关产生的遗传基础是基因的连锁遗传和一因多效。

利用性状间的相关, 是育种工作的重要手段。如果 x 和 y 性状间呈正相关, 那么在选择 x 性状时, y 性状也随之改进。例如仔猪的断奶窝重同产仔数、初生重、断奶成活数、断奶体重、六月龄全窝商品重都有较高的正相关, 在选育工作中, 把断奶窝重作为主选性状, 可以带动其他相关性状的选育提高。

如果两性状间是负相关, 一个性状的提高, 可能引起另一个相关性状的下降。如产奶量和乳脂率; 生长速度与肉的品质就有类似的问题。在选育工作中, 要采取措施, 防止选择效应之间相互抵消。

当对某个性状度量有困难时, 可以采用与它呈成正相关的另一性状的选择, 使欲选育的性状间接的得到提高。这种间接选择只有在两性状的遗传率都较高, 而且两者有较高的遗传相关的条件下, 间接选择才能取得明显的选择效果。

为了缩短世代间隔, 加快选育进展, 利用性状间的相关性进行早期选择。用早期性状的选育带动后期相关性状的改进。目前利用生化遗传的理论与方法, 如利用血型分析, 血液生化指标, 血液蛋白多态性研究等, 可以对后期的经济性能进行早期预估和判断。早期选择可以缩短世代间隔, 加快选育进展, 降低成本, 提高经济效益。

(五) 选择性状的数目 在育种工作中, 需要选育提高的、需要改良的性状, 往往是多个性状, 而不仅仅是单一的性状。但是, 随着选育的性状数目的增多, 力量分散, 每个性状的遗传改进量就会降低, 选育进展减慢。如果把单个性状的选择反应假设为 1, 则几个性状同时选育时, 各个性状的选育进展只是单个性状选择反应的 $\frac{1}{\sqrt{n}}$ 。这一结论的成立是有条件的: ①所选择的各性状间不相关; ②各性状间有相同的遗传率和标准差; ③有同样的选择强度和同样的经济加权值。在满足以上条件时其关系如下:

$$n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$$

$$\frac{1}{\sqrt{n}} = 1, 0.71, 0.58, 0.5, 0.45, 0.41, 0.38, 0.35, 0.33$$

n 为性状数目, $\frac{1}{\sqrt{n}}$ 为对应的单个性状的选择反应。以上结论表明, 在育种工作中, 在制定选育方案时, 一次选育的性状数不宜过多, 应突出重点, 加强主选性状的选择。

(六) 近交 近交的遗传效应是使基因型纯合, 群体中纯合子的个体数增多。基因型的纯合使一些隐性有害基因因纯合而暴露出来, 生产性能退化, 生产水平下降, 选择效应降低。所以近交是影响数量性状选择效果的另一个重要因素。

在选育工作中, 为了固定优良性状, 在育种的一定阶段, 往往需要采用近亲繁殖, 使优良性状尽快纯合固定, 所以在纯合固定阶段, 对种畜个体的选择, 在注意性状均值的高低的同时, 还要注意性状的变异程度。只注意选择表型值高的个体, 就有可能将大量杂合子选留下来, 因为杂合子在表型上往往优于纯合子。如果大量选留杂合子, 其后代基因型易发生分离, 纯合固定的速度反而会降低。对于数量性状, 确定纯度的办法是在后裔测定时, 除了注重子女的均值外, 还要注意子女的性状的标准差大小。子代标准差较小的亲本, 其基因组成相对较纯。恰当的灵活的应用近交, 是育种的重要手段, 也是一种育种艺术。

(七) 环境条件 数量性状受微效多基因控制, 表型值受环境条件影响较大, 任何数量性状的表型值都是遗传与环境两种因素共同作用的结果。在环境变化与基因型变异之间存在互作的情况下, 群体的表型方差可以表示为:

$V_p = V_G + V_E + 2COV_{GE} + V_{GE}$ 式中 V_G 为基因型方差, V_E 为环境方差, COV_{GE} 表示基因型值与环境离差的协方差, V_{GE} 为基因型与环境之间的非线性互作引起的方差。

遗传与环境之间经常发生相关变化。育种群的饲养条件往往比非育种群的饲养条件要好得多, 在这种情况下, 个体的表型值除了基因的加性作用之外, 还可能发生非线性互作, 往往在优厚条件下选育出的卓越个体, 到了较差的条件下, 其表型反而不如在原有条件下表型较差的个体, 这种现象称为基因型与环境的互作。根据 Hetger (1971) 的试验, 用大约克和杜洛克两品种猪做试验, 分别向薄膘和厚膘两个方向连续选择 8—10 个世代, 各得厚膘和薄膘两个系。将四个系分为两个组, 一组不限量采食催肥, 另一组限量给料 75%。结果表现在脂肪沉积上, 四个组对限量的反应基本一致, 都减少 34% 左右, 说明在这一性状方向, 不存在遗传与环境的互作。然而在瘦肉形成上, 四个系对采食的限量的反应却不相同, 大约克厚膘系瘦肉反而增加 4%, 而其他三个系则减少 9—12%。

遗传与环境互作现象的存在, 使我们不能不考虑这样一个问题: 选择究竟应该在怎样的条件下进行? 育种场的饲养条件是不是应当特别优厚? 结论是明显的, 选择应该在与推广地区基本相似的条件下进行。如果考虑到社会经济的发展, 推广地区的条件也日益改善, 则育种场的条件可适当优于推广地区, 因为育种阶段条件太差, 优质高产基因不能充分表现出来, 发生漏选, 引起优良基因消失, 对育种工作不利。

三、数量性状的选择与选择效果的预估

(一) 间接选择 由于性状间存在着相关性, 利用性状间的相关, 可以由一个性状的选择, 带动和影响另一个性状的选择。当要选育的性状难以度量, 或者在活体上不能度量 (如瘦肉率), 或受性别限制不能表现出来 (如公牛不产奶, 公猪不产仔), 在这种情况下就可以采用间接选择。

间接选择的公式推导如下:

设 x 性状与 y 相关, 且 x 性状随 y 性状的增高而相应增高。

y 性状的直接选择反应公式为

$$R_y = i_y \sigma_y h_y^2$$

x 性状随 y 性状变化的间接选择反应公式为 $CR_x = b_{A(xy)} R_y$

CR_x 为 x 性状的间接选择反应, R_y 为 y 性状的直接选择反应, $b_{A(xy)}$ 为两性状的回归系数。

$$b_{A(xy)} = r_{A(xy)} \cdot \frac{\sigma_{A(x)}}{\sigma_{A(y)}} = r_{A(xy)} \cdot \frac{h_x \sigma_x}{h_y \sigma_y}$$

$$\text{所以 } CR_x = b_{A(xy)} R_y = r_{A(xy)} \cdot \frac{h_x \sigma_x}{h_y \sigma_y} \cdot i_y \sigma_y h_y^2 = r_{A(xy)} h_x \sigma_x i_y h_y$$

把 x 性状的直接选择反应 R_x 同间接选择反应 CR_x 相比较得下式。

$$\frac{CR_x}{R_x} = \frac{r_{A(xy)} h_x \sigma_x i_y h_y}{i_x \sigma_x h_x^2} = \frac{r_{A(xy)} i_y h_y}{i_x h_x}$$

由上式可以看出, 要使间接选择优于直接选择的条件是

1. 两性状的选择强度或留种率相等 ($i_x = i_y$)
2. 两性状间有较高的遗传相关系数 ($r_{A(xy)}$)
3. 辅助性状 (或指早期性状) 的遗传率高 (h_y^2) 并使得 $r_{A(xy)} i_y h_y > i_x h_x$ 。

间接选择有广阔的应用前景, 目前主要用于生化遗传指标的测定, 如血型、血液蛋白特性等, 可作为对后期经济性状进行间接选择的依据。是当前育种工作的重要研究课题。

(二) 数量性状隐性有利基因的选择 当前对提高畜禽生产水平, 增加畜产品的数量和质量的一个有效途径是选择优良的杂交组合, 充分利用杂种优势。但杂交要有纯种, 从保存品种资源来看, 也需要作品种内的纯繁工作。因此, 如何在纯种繁育的条件下, 提高我国地方畜禽品种的生产性能, 是育种工作的重要组成部份。

提高纯种生产性能的方法, 主要是用公畜为单位的家系选择, 特别是在人工授精技术被广泛应用以来, 一头公畜可以留下大量后代, 为这种选择方法的实施提供了有利条件。育种工作中常用的后裔测定和同胞测定方法, 也都是家系选择方法的一种变形。

家系选择对某些性状的选择效果并不理想, 例如对猪的产仔数的提高, 在不少国家和地区的多代选择中, 进展都很缓慢。选择效果差的原因, 一方面是由于该性状的遗传率低, 受环境影响大; 另一方面也可能是决定这些性状的多基因中, 存在着一些隐性有利基因。即隐性基因造成高产, 显性基因低产。这时用常规的纯种选择方法, 如个体选择、家系选择等方法, 会有某种程度的失效, 有时甚至造成误选。

决定数量性状的多基因的作用, 并不完全象在“多基因假说”中提到的那样是一种无显性的相加作用。同其他基因一样也有显性和上位效应的作用。在一个地方品种中, 如果还没有经过高度的选育, 群体中往往积累了较多的显性低产基因。在受自然选择作用较大的畜群中更为明显, 因为高产性能只是对人类有利, 对家畜本身并不一定有利, 所以有些高产基因更多地是以隐性状态存在。

假定在一个以显性低产基因为主的地方品种中, 有这样两头家畜, 它们在某些位点上具有隐性高产基因:

(甲) AABbCcDd (乙) aaBBCCDD

其中, 大写字母代表显性低产基因, 并设纯合显性和杂合体决定 0.5 个产量单位。用小写字母代表隐性高产基因, 并假设隐性纯合体决定 1.0 个产量单位。这样它们的产量如下:

甲的产量 $0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 = 2.0$ 单位

乙的产量 $1.0 + 0.5 + 0.5 + 0.5 = 2.5$ 单位

由此可见, 虽然甲有较多的隐性高产基因 (3 个), 但都受显性基因支配而被掩盖, 所以

产量较低；乙的隐性高产基因较少（2个），所表现的产量反而较高。在个体选择时，甲被淘汰，乙被留下，即使是在家系选择的情况下，由于与其交配的个体在这些位点上，大量的显性低产基因，后代中隐性高产基因的作用被掩盖，因而用后裔测定也不能正确的反映亲本的情况。这时，要用一个经过高度选育的品种或品系来做测交试验，因为高度选育的品种在这个性状上已经积累了大量的隐性高产基因。通过测交就能发现地方品种中隐性高产基因较多的个体。

假设一个高产品种中，在这些位点上的隐性高产基因均已纯合（aabbccdd）用它与甲、乙两个体分别进行测交，后代的平均产量如下：

隐性纯合体与甲个体测交结果：

AABbCcDd	x	aabbccdd
(后代基因型)	↓	(产量单位)
AaBbCcDd	2.0	
AaBbCcdd	2.5	
AaBbccDd	2.5	
AaBbccdd	3.0	
AabbCcDd	2.5	
AabbCcdd	3.0	
AabbccDd	3.0	
Aabbccdd	3.5	
平 均	2.75	

纯合个体与乙个体测交结果：

aaBBCCDD	x	aabbccdd
(后代基因型)	(平均产量)	
aaBbCcDd	2.5	

当然，一个高度选育的品种，也不会所有位点上的隐性有利基因全部纯合，但只要大多数位点上基因纯合了，也就可作为测交亲本，如 Aabbccdd 或 aaBbccdd。当然纯合位点越多，测交的效果越好。

对于某一性状是否受隐性有利基因的影响，也可以从两个品种杂交的子一代产量的比较中作出判断。如果子一代的产量低于亲本均值（即偏向高产亲本），则表明有显性有利基因的作用，这虽然有可能是杂种优势引起的，但显性有利基因的存在，也正是产生杂种优势的原因之一。如果子一代的产量接近亲本均值，即可以认为基本上是加性基因在起作用，当然也有可能是显性效应和隐性效应两种基因作用相互抵消的结果。

(三)选育进展的预估 为了加快选育进展，提高选种效率，需要对选择反应作出预估，以提高选种的预见性和准确性。

选择差 (Selection Pressure) 的大小取决于畜群的留种率和性状的标准差。假定性状成正态分布，因此留种率的大小就决定选择差的大小，留种数多，选择差必然减小。相反，留种数减少，选择差可以加大。另一方面，选择差又决定于标准差的大小，标准差小，选择差的绝对值也小；标准差大，选择差的绝对值可以增大。

选择差是有单位的度量值，由于各种性状的度量单位不同，不能相互比较。为了便于比较，需要把各种度量单位不同的性状的选择差，换算成不带单位的相对值。为此，把选择差 S 除以各自的标准差 σ_p ，就得到不带单位的相对值，称为选择强度 i (Intensity of the selection)

选择强度又称为标准化的选择差。
$$i = \frac{S}{\sigma_p}$$

前面提到过 $R = Sh^2$ ，若以选择强度表示， $R = ioh^2$ 。也就是说，只要知道了遗传率、标准差和选择强度，就可以对选择效果作出预估。选择差标准化以后，可以应用正态分布原理，从留种率得到估计。留种率又等于正态曲线下的部份面积（图 1-1），这部份面积（P）在横轴上的截断点（t）上的纵高（Z）与标准离均差之间有固定关系，从“正态分布表”可以查得有关数据，然后计算出选择反应。其关系如下式

$$i = \frac{Z}{P} = \frac{S}{\sigma_p}$$

式中, i 为选择强度, S 为选择差, P 为横轴上截断点右侧正态曲线下的部份面积, 即留种率, Z 为截点处的纵高, σ_r 为标准差, t 为对应于留种率 P 的横轴上的截断点, P 为纵高 Z 右侧曲线下的面积, 即留种率, Z 为截断点 t 处引出的纵高。

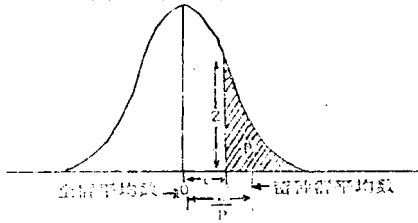


图 1-1 留种率与选择强度的关系

i 为选择强度。其计算方法如下:

1. 标准正态曲线下的面积左右对称, 在平均数 $\bar{x}$ 左右两边的面积各占 0.5000。例如, 在留种率 P 确定为 0.2000 时, 由“正态分布表”查得在 0.2005 (近似地等于 0.2000) 时, 对应于横轴上的截断点 $t=0.84$, 这里 0.84 就表示全群平均数到种群平均数的距离为 0.84σ , 即标准正态离差。

2. 再从“正态分布密度函数表”中, 由 $t=0.84$, 查得对应的纵高的值 $Z=0.2803$ 。

3. 再用纵高 $Z=0.2803$ 除以留种率 $P=0.2$, 就得到相应的选择强度 $i=1.402$ 。同理, 当留种率 P 为 0.1 时, t 为 1.28, Z 为 0.1758, $i=\frac{0.1758}{0.1}=1.758$ 。

选择效果的预估, 可以减少在制定育种计划和确定选育性状时的盲目性, 增强计划性, 有助于选育进展作出科学的预测。当然估计的进度不可能与实际进度完全一样。由于各种原因, 也不可能把某个性状表型值高的个体全部留下来, 所以由留种率估测的选择强度与实际的选择强度会有一定的出入, 这是预估出现误差的主要原因。

第二节 畜禽育种值的估计

一、估计育种值的原理

什么叫育种值? 一个个体的某一性状的育种值可以定义为它所携带的有关基因的各平均效应之和。求和包括某一位点的两个等位基因, 以及所有有关位点。

任何一个数量性状的表型值, 都是遗传与环境共同作用的结果。遗传效应是由基因的作用造成的。由于基因具有三种不同的作用, 因此基因效应值又可以剖分为基因的加性效应 (A), 显性效应 (D) 和上位效应 (I)。

显性效应和上位效应两项, 虽然对性状也有决定作用, 但在遗传给后代时, 由于基因的分离和重组, 这两部份一般都不能真实遗传, 在育种过程中不能在后代固定。所能固定的只是基因的加性效应造成的部份, 即基因的加性值。所以基因的平均效应之和称为育种值。

在大群的均数中, 各种偏差正负抵消, 只有育种值能真实地传递给后代, 所以根据育种值选种, 可以提高选择的可靠性和准确性, 加快选育的进展。

种畜的育种值只能由表型值进行间接估测, 利用两个变量间的回归关系, 可以由表型值估计育种值。回归方程的一般表达式为:

$y=bx+a$ 式中, x 为自变量, y 为应变量, b 为回归系数, a 是回归直线在纵标上的截距。

将公式中的符号改成育种学的通用符号后得: $A=b_{AP}(P-\bar{P})+\bar{P}$

回归系数 b_{AP} 在这里就是性状的遗传率 h^2 。最后就得到估计个体育种值的通式:

$$A_x=h^2(P-\bar{P})+\bar{P}$$

在方程中, 关键是回归系数 b_{AP} , 在不同的资料中有不同的加权遗传率, 加权遗传率就是均值遗传率。现将各种来源资料估测育种值时, 不同均值遗传率计算公式列表 1-2

表 1—2

不同亲属资料的均值遗传率

资料来源	b_{AP}	均值遗传率公式
本身一次记录	h^2	h^2
本身 n 次记录	$h_{(n)}^2$	$\frac{nh^2}{1 + (n-1)r_*} *$
父母 n 次记录	$h_{(Pn)}^2$	$\frac{0.5nh^2}{1 + (n-1)r_*} *$
全同胞记录	$h_{(FS)}^2$	$\frac{0.5nh^2}{1 + (n-1)0.5h^2}$
半同胞记录	$h_{(MS)}^2$	$\frac{0.25nh^2}{1 + (n-1)0.25h^2}$
混合家系记录	$h_{(F-n)}^2$	$\frac{\bar{r}nh^2}{1 + (n-1)\bar{r}h^2} **$
子女为全同胞记录	$h_{(O_1)}^2$	$\frac{0.5nh^2}{1 + (n-1)0.5h^2}$
子女为半同胞记录	$h_{(O_2)}^2$	$\frac{0.5nh^2}{1 + (n-1)0.25h^2}$
子女为全一半同胞记录	$h_{(O_3)}^2$	$\frac{0.5nh^2}{1 + (n-1)\bar{r}h^2} **$
通 用		$\frac{rnh^2}{1 + (n-1)t}$

* r_* 为重复率

* * $\bar{r} = \frac{d+1}{4d}$

二、估计育种值的方法

对种畜育种值的估测,是种用价值评定的方法之一。通常选种所依据的记录资料有四种:本身记录、祖先记录、同胞记录和后裔记录。根据以上资料,可以对种畜的育种值进行单项估测,也可以根据多种资料进行复合育种值的估测。

(一) 单项育种值的估测

1. 根据个体自身记录 $A_x = (P_x - \bar{P})h^2 + \bar{P}$

式中, A_x 为个体 x 某性状的估测育种值, P_x 为个体某性状的表型值, $\bar{P}$ 为个体所在群的平均表型值, h^2 为该性状的遗传率

从公式可以看出, $(P_x - \bar{P})h^2$ 部份为个体选择差和遗传率的乘积,表示该性状可能遗传的部份。第二项 $\bar{P}$ 是该性状的群平均值。当 $P_x > \bar{P}$ 时, $A_x > \bar{P}$; 当 $P_x < \bar{P}$ 时, $A_x < \bar{P}$ 。当个体只有一次记录资料,估测育种值无实用价值。育种工作者最关心的是各个种畜育种值高低的排名顺序,而不在于绝对值的高低。只有一次记录估测的育种值与不经计算所得的表型值的高低排名顺序一样,所以用只有一次记录资料估测的育种值无实用意义。当各个种畜的某性状有多次记录时,由于各个体度量次数不一样,所得的均值遗传率大小也不一样,最后测得的育种值大小的排名顺序也就与表型值大小排名顺序不一样了。其公式为:

$$\hat{A}_x = (\bar{P}_{(n)} - \bar{P})h_{(n)}^2 + \bar{P}$$

$\bar{P}_{(n)}$ 为 n 次度量值的平均表型值。 $h_{(n)}^2$ 为 n 次度量值的均值遗传率。 $\bar{P}$ 为全群平均数。

$$h_{(n)}^2 = \frac{V_A}{V_{P(n)}} = \frac{nh^2}{1 + (n-1)r_*}$$

式中, $h_{(n)}^2$ 为 n 次度量值的均值遗传率,表示育种值对 n 次度量值的回归系数。 n 为记

录次数或为提供资料的家畜个体数。 r_A 为遗传相关系数。 h^2 为性状遗传率。 r 为重复率。 r 为 n 个个体间的表型相关系数。

从公式可以看出, n 次记录的均值遗传率 ($h^2_{(n)}$) 比性状遗传率 (h^2) 的值高, 对这一情况可以作两种解释:

(1) 当有两次以上的记录时, 由于每次记录中环境变化所造成的差异会彼此抵消, 但遗传方差不变, 相对说来, 遗传方差的值会增大。

(2) 由于遗传率 (h^2) 是相关系数的平方 ($h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = r_A^2$), 而后者可以定义为度量的精确度, 因而度量次数增多, 其数值增大。

2. 根据祖先资料当种畜自身没有生产成绩记录时, 可以根据系谱记载, 用祖先的生产成绩估测个体的育种值。祖先中最重要的是父母。若双亲中只有一方有 n 次记录, 其育种值的计算公式为:

$$\hat{A}_x = (\bar{P}_{P(n)} - \bar{P}) h^2_{(n)} + \bar{P}$$

$\bar{P}_{P(n)}$ 为一个亲本 n 次记录的平均值 $h^2_{(n)}$ 为亲本 n 次记录的均值遗传率

若双亲的记录都齐全, 估测公式为:

$$\hat{A}_x = 0.5 (\bar{P}_{s(n)} - \bar{P}) h^2_{s(n)} + 0.5 (\bar{P}_{D(n)} - \bar{P}) h^2_{D(n)} + \bar{P}$$

$\bar{P}_{s(n)}$ 为父亲、 $\bar{P}_{D(n)}$ 为母亲的 n 次记录的平均值;

$h^2_{s(n)}$ 、 $h^2_{D(n)}$ 分别为父母 n 次记录的均值遗传率。

用亲代记录估测育种值, 不如根据自身资料可靠, 但由于亲代资料可以早期获得, 因此对幼龄种畜的选种此法不失为一种好方法。

3. 根据同胞记录: 同胞资料包括全同胞和半同胞两种资料。更远的旁系资料对估测育种值的意义不大。

全同胞资料估测育种值的公式为:

$$A_x = (\bar{P}_{(Fs)} - \bar{P}) h^2_{(Fs)} + \bar{P} \quad \bar{P}_{(Fs)} \text{ 为全同胞平均表型值; } h^2_{(Fs)} \text{ 为全同胞均值遗传率。}$$

半同胞资料估测育种值的公式为:

$$A_x = (\bar{P}_{(Hs)} - \bar{P}) h^2_{(Hs)} + \bar{P} \quad \bar{P}_{(Hs)} \text{ 为半同胞平均表型值; } h^2_{(Hs)} \text{ 为半同胞均值遗传率。}$$

由于观测头数不一样, 所以它们的遗传率要给以不同的加权, 这个加权值就是它们各自的均值遗传率 $h^2_{(Fs)}$ 或 $h^2_{(Hs)}$ 。计算公式为:

$$h^2_{(Fs)} = \frac{0.5nh^2}{1 + (n-1)0.5h^2} \quad h^2_{(Hs)} = \frac{0.5nh^2}{1 + (n-1)0.25h^2}$$

由均值遗传率的公式可以看出, 当同胞或半同胞数 n 越多时, 均值遗传率的值越大。

用同胞资料估测个体育种值有几个优点。首先, 全同胞或半同胞数量多, 提供的遗传信息量大, 估测结果的可靠性增加。其次, 由于同胞资料出现较早, 在种畜幼龄时就可作出估测, 有利于早期选种, 有利于缩短世代间隔。第三, 对于只表现为一种性别的限性性状尤为适用。第四, 活体上不能度量的性状用同胞资料估测育种值最好。但同胞测验只能区别家系间的优劣, 不能区分同一家系内的不同个体间的优劣, 必须结合其他方法, 方能鉴别个体间的优劣。

4. 根据后裔记录 这里说的后裔, 主要是指子女。后裔测定主要用于种公畜的评定。如果与配母畜是一个未经选择的随机群体, 且后代个体间都是半同胞。这时使用以下公式:

$$A_x = (\bar{P}_{(o)} - \bar{P}) h^2_{(o)} + \bar{P} \quad \bar{P}_o \text{ 为子女的平均表型值; } h^2_{(o)} \text{ 为子女的均值遗传率。}$$

根据后裔估计育种值的可靠性要高于半同胞, 当头数相等, 它们的加权值是半同胞的两