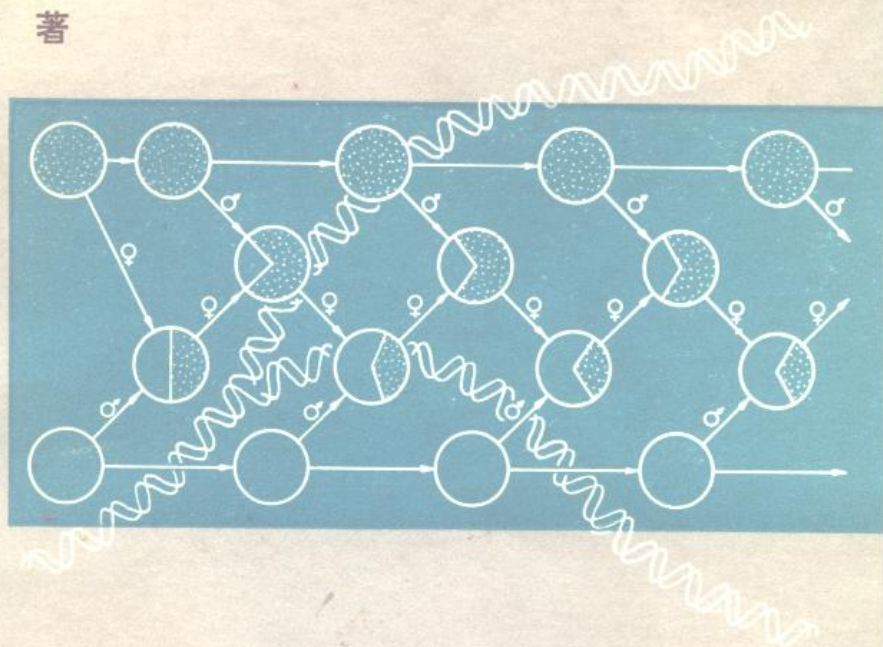


杨纪珂 著



数量遗传基础知识

科学出版社

DF48/28

数量遗传基础知识

杨纪珂 著

科学出版社

1979

内 容 简 介

本书介绍了数量遗传方面的基础知识,并着重叙述了数量遗传学的原理在育种工作中的应用;为了使读者容易了解掌握,书中有作者创制的列线图,书末附有遗传育种名词简释。本书可供具有中等文化水平的农业、畜牧科技人员和爱好遗传育种的同志参考。

数量遗传基础知识

杨纪珂 著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979年4月第一版 开本:787×1092 1/32

1979年4月第一次印刷 印张:6 1/2

印数:0001—43,600 字数:125,000

统一书号:13031·982

本社书号:1384·13—10

定价: 0.53 元

序

这本小册子是作者在 1973—1977 年间为中国科学院遗传研究所(北京)、鸡育种短训班(邵伯)、南方黑白花奶牛协作会议(上海)、北方黑白花奶牛协作会议(西安)、全国猪育种会议(玉林)、华东地区猪育种会议(淮阴)、浙江中白猪会议(衢县)、北方黑白花奶牛育种短训班(通县)、安徽黑白花奶牛协作会议(合肥)、安徽水牛育种会议(和县)、芜湖地区猪育种会议(宣城)、上海市猪育种短训班(松江)、全国猪育种科研工作碰头会(佳木斯)、西北五省猪育种协作会议(乌鲁木齐)、新疆猪育种短训班(石河子)、四省滩羊育种协作会议(银川)、机械化养鸡座谈会(北京)及南方黑白花奶牛短训班(滁县)等历次会议和短训班上的发言稿和讲稿根据育种工作同志们的要求缀集修订而成,其中还增添了有关作物育种的一些材料。原先只着重于数量遗传学的原理在育种工作中的应用方面的题目,对象只限于畜牧育种专业的同志。后经许多热心的同志敦促成书出版,出版社的编辑同志也要求把对象扩大到一般的农业畜牧科技工作人员和爱好学习遗传育种的同志,因此为了让大家明白数量遗传学的道理,把一些必须预先了解的普通遗传学知识也写了几章。遗传的数量原理以及育种的定量科学方法近年来在育种实践中的需要愈来愈感到迫切,但

是一般而论, 育种工作者对数学比较生疏。因此大家要求尽量用最容易了解掌握的文字和算法来把一些重要的遗传育种问题说清楚。由于作者经验不足, 水平不高, 虽然尽了很大的努力(例如列线图的制作), 但总感到力不从心, 所以全书中谬误和不足之处, 在所难免。深望读者予以指正, 以便在下一版中加以补充和修改。

本书承张仲葛等同志审阅, 特此致谢。

杨 纪 珂

于合肥中国科学技术大学

1977.11.10

目 录

序	v
一、遗传作用	1
1. 生物体的差异	1
2. 遗传力	3
3. 遗传力的变迁与作用	4
二、分子遗传	10
1. 蛋白质	10
2. 血液不是遗传物质	13
3. 脱氧核糖核酸 (DNA)	15
4. 蛋白质的合成	16
5. 遗传密码的复制	19
6. 基因	21
三、细胞遗传	22
1. 染色体	22
2. 细胞的结构与功能	25
3. 有丝分裂	29
4. 减数分裂	31
5. 基因是在染色体里	35
四、数量遗传	38
1. 遗传理论与实践的吻合	38

1103807

· i ·

2. 连锁图距的估计	46
3. 多基因控制的性状	48
五、群体遗传	52
1. 基因频率的平衡	52
2. 基因的随机漂移	53
3. 基因频率受选择的影响	55
4. 多基因性状在群体中的遗传	58
5. 纯系与纯系间杂交的模型	62
六、近亲交配	66
1. 交配系统	66
2. 纯系植物的发展	69
3. 近交程度的度量——近交系数	74
4. 在几种有规近交系统中近交系数的变迁	79
七、品系繁育	82
1. 品系统化的干扰因素	82
2. 近交在育种中的作用	83
3. 水稻群体育种法	87
4. 单倍体花粉培育法	89
5. 动物品系繁育的难题	92
八、品种保存	94
1. 保存国家的生物资源	94
2. 作物品种的保存	94
3. 动物品种的保存	97
4. 当公畜少于母畜时的保种问题	101
5. 为保种而设计配种方案	103

九、经济杂交	105
1.配合力	105
2.农作物的杂交育种	109
3.雄性不育的利用与警惕	116
4.动物的杂交育种	120
5.为什么杂种优势只限于杂交一代	122
6.猪的三系杂交法	129
7.牛的二系轮回杂交法	130
十、选育指数	132
1.多性能选育法的比较	132
2.指数公式的制订	134
3.简化指数计算的列线图	137
4.指数公式的修订	142
5.性能数据的校正	142
十一、后裔测定	150
1.育种值与后裔测定	150
2.与配母畜或母禽的数目	152
3.系统误差的避免与后裔测定的方案	154
4.公畜的相对育种值	157
5.用鉴定站作后裔测定的缺点	160
十二、杂种横交	162
1.从杂交后代培育新品种	162
2.两对基因的数学模型	163
3.四对基因的数学模型	166
4.横交育种的多快好省途径	168

十三、突变育种	172
1. 基因的突变	172
2. 自发突变	175
3. 诱发突变	177
4. 微生物和作物的诱变育种	178
5. 诱变育种中的其它问题	180
十四、异种杂交	183
1. 动物的异种杂交	183
2. 植物的多倍体	184
3. 异源双二倍体	185
4. 用秋水仙素诱发多倍体	187
5. 在愈伤组织中形成多倍体	189
6. 多倍体的辨认和在农业上的应用	190
结束语	191
附录 遗传育种名词简释	192

一、遗传作用

1. 生物体的差异

用科学的观点仔细观测生物界的事物，不难发现同类的生物总是有参差不齐的现象。每只玉米的长度不尽相等，每头仔猪的断奶体重也不截然一致。差异有大有小，但不论大小，总是有的。一般而论，亲缘关系比较近的生物，它们性状间的差异就小些；亲缘关系比较远的，差异就大些，但不可能发生一点差异也没有的两个生物体。

要推究差异性的起源，首先要察看那些起作用的内外因素。它们往往有直接的、间接的、主要的、次要的、还有虽然微小但确有影响的，种类非常之多。它们有的虽由人定，有的却属随机，其间的组合方式有无限地多，正是这个原因，导致了事物的参差不一。

例如一株水稻的成长及其产量取决于许多内外因素。推其内因，主要是农业“八字宪法”里的一个“种”字，其物质基础主要是亲本的花粉和卵子所遗传下来的十二对染色体内遗传分子所带的数以万计的基因密码，其变异是众所周知的；推其外因，主要来自在“八字宪法”中“土、肥、水、密、保、管、工”七个字以及光、热、气等环境因素。诸如土壤的成分和性质、肥

料的种类、配比和用量、施肥的方案、气候和给水的条件、植株的行距和株距、病虫害的消长和防治、田间管理的机械化和化学化等等，其变异也是众所周知的。由于这许多内外因素的差异，对一个稻穗的生成来说，它们的组合总是独一无二的，是特殊的，不可能丝毫不差地加以重复。这说明了没有两株水稻完全相同的事实原也不足为奇。

又如一窝仔猪的断奶重，也同样取决于许多内外因素。内因是遗传的因素，其物质基础主要是两亲体的精子和卵子中遗传下来的十九对染色体内遗传分子所带的数以万计的基因密码，其变异是众所周知的。外因是环境的因素，包括饲养管理、疾病防治、母体效应等，其变异也是众所周知的。对一头仔猪的发育历程来说，它所遭遇的这些有差异性的内外因素的组合是独一无二的，是特殊的。两窝仔猪断奶窝重参差不一，于是也不足为奇。

因此遗传差异与环境差异是引起生物体差异的一对基本的矛盾。正如达尔文所指出的，差异有遗传的，有不遗传的。这两种矛盾所起的作用对不同的性状有不同的比例。极端的情况有两类：一类是只受遗传的作用而不受环境所影响的性状，例如糯米的糯性、豌豆的皱性、长白猪的白色、芦花鸡的棒纹羽等性状都属此类；另一类是只受环境的作用而不大受遗传的影响的性状，例如二化螟引起的水稻白穗率、自交系系内豌豆种子的重量、猪一次人工授精的受胎率、黑白花奶牛黑斑的位置等都属此类。但大多数的生物性状介乎这两类极端之间。

2. 遗 传 力

由于大多数对人类福利有关的生物的经济性状都介乎上述两类极端之间,且由于在这些性状各自的差异里,遗传和环境各起着部分的作用,并互相联系起来使个体间产生差异,因此为了度量两者的相对重要性,我们需要一个尺度。为度量遗传对差异所起的作用部分的尺度称为遗传力,记为 h^2 ,

$$\text{遗传力 } h^2 = \frac{\text{遗传所引起的差异}}{(\text{遗传} + \text{环境})\text{所引起的差异}} = \frac{V_G}{V_G + V_E} \quad (1)$$

据此,如只有遗传起作用,环境不起作用,则 $V_E = 0$, 得 $h^2 = V_G/V_G = 1$ 或 100%, 也就是 100% 受遗传的作用。如只有环境起作用,遗传不起作用,则 $V_G = 0$, 得 $h^2 = 0/V_E = 0$, 也就是遗传不起作用。环境对变异起的作用是 $1 - h^2$, 如 $h^2 = 0$, 则环境对变异起 100% 的作用。至于一般的经济性状,遗传力 h^2 都介乎 0—1 区间之内,但也有高低之分。以水稻的各种性状为例,抽穗期的遗传力很高, h^2 达 0.85; 千粒重的 h^2 为 0.35—0.45, 落粒性的为 0.30—0.40, 属中等遗传力的性状;至于单株粒重的 h^2 只有 0.01—0.05, 穗数的只有 0.01—0.09, 遗传力很低,主要受环境的影响。动物性状的遗传力,如猪背膘厚度的为 0.50—0.60, 羊毛长度的为 0.50—0.60, 卵用鸡蛋重的为 0.55—0.65, 遗传力都较高;猪六月龄体重的为 0.25—0.35, 奶牛产奶量的为 0.25—0.35, 鸡年产蛋量的为 0.20—0.30, 遗传力就低些;至于猪产仔数的仅为 0.10—0.20,

鸡生活力的为 0.05—0.15,就更低了。上述的数据还随着品种和环境的不同而有很大的不同,各种性状在各个环境下培育的各个群体中都有它本身的遗传力。遗传力也不是一个永不可变的常数,它只表示在一个指定的群体中在某一时期内由遗传效应所引起的差异性占总的差异性的比率。

3. 遗传力的变迁与作用

让我们看一项菜豆豆重性状的传代实验结果,来说明遗传力的变迁及其作用。如图 1 所示,有一堆从大田收获的菜豆,由于菜豆是自花授粉的植物,每颗豆所属的家系都是一个个自交系,所以这堆豆子乃是一品种内众多自交系的混合群体。对它们一一称重,则从最小的 25 mg 到最大的 65 mg 不等,差异性很明显,平均 45 mg。于是选取一颗 25 mg 的小型豆和一颗 65 mg 的大型豆作种,分别令其自交传代,形成两个自交系。传不多几代,就发现了以下的情况:由那颗 65 mg 的系祖豆传出的大型系各世代的内部仍然有大小不等的差异,其平均豆重在 52—54 mg 上下;由那颗 25 mg 的系祖豆传出的小型系也是如此,但各世代的平均在 38—40 mg 上下。两者之间有显著的差异,说明对混合群体进行选择可以取得效果。虽然如此,大型系各世代的平均比不上它们的系祖那样重,而小型系各世代的平均没有它们的系祖那样轻。说明差异有遗传的部分,也有非遗传的部分。现在先看大型系,系祖 65 mg 比群体平均 45 mg 重 20 mg,称为选择差别 S ;后代平均

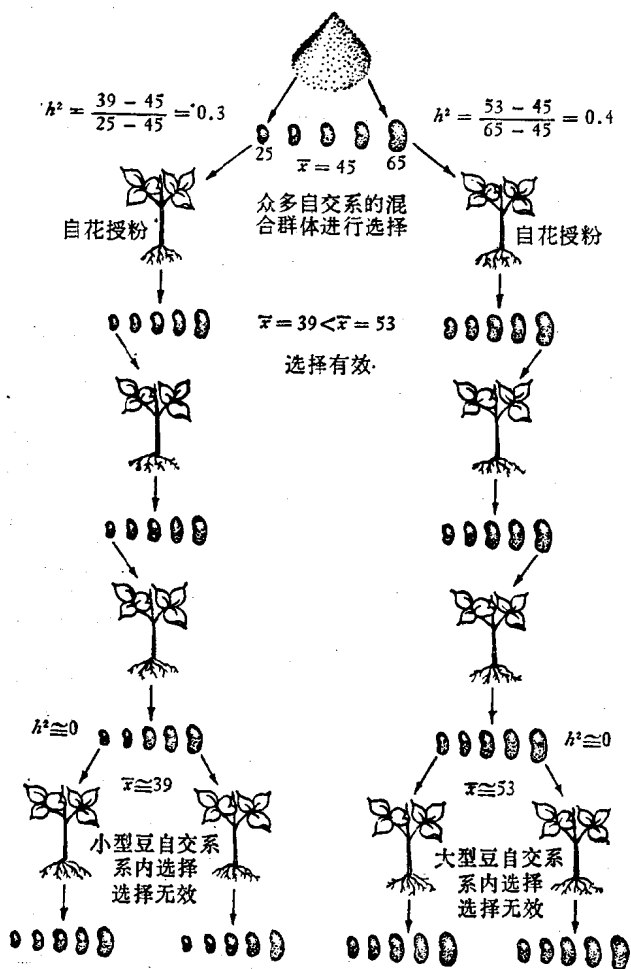


图1 菜豆混合群体和自交系的传代实验
 图中数字都以毫克为单位

53 mg 比群体平均重 8 mg,称为进展响应 R 。我们知道度量那影响于差异的遗传部分的百分比的遗传力 h^2 也可以借进展响应占选择差别的百分比来估计,即:

$$h^2 = \frac{R}{S} \quad (2)$$

于是不难据而算得:

$$h^2 = \frac{53 - 45}{65 - 45} = \frac{8}{20} = 0.40$$

同样的方法对小型系算出 $h^2 = 0.30$ 。如果问:为什么这两个遗传力不恰相等呢?回答是由于中选豆子数目太少,样本的含量不大,因引入了随机误差所致。大致可以说这个品种菜豆的混合群体豆重的遗传力为 $0.30-0.40$ 。于是我们可以看出:一性状的遗传力愈高,由于选择而引起的效应就愈大;遗传力愈低,选择的效应就愈小。图 1 示出,在自交系的内部进行选择之所以取不到效果,也就是因为自交系内部由于自花授粉之故,基因型很快趋于纯合化。这使遗传差异降低到微不足道的程度,相对地使环境差异突出起来。于是在自交系内各世代的种子间的差异只受环境的影响。遗传的作用既然不影响,遗传力近乎零,选择也就无效了。在作物自交系的选育工作中,大家都采用系间选择法而不用系内选择法,就是这个道理。

对动物的遗传力估计也是一样。例如某大队饲养一个猪群,小猪初生体重平均 2.21 斤(群体平均表现型值)。在一代的小猪中选出一部分初生重平均 2.53 斤(中选个体的平均表

现型值)的猪作为种猪繁殖后代。因此选择差别 $S = 2.53 - 2.21 = 0.32$ 斤。等它们成长后交配得子代平均初生重为 2.32 斤(子女的平均表现型值),因此进展响应是 $R = 2.32 - 2.21 = 0.11$ 斤。于是估计这群猪在仔猪初生重这个性状上的遗传力为:

$$h^2 = \frac{R}{S} = \frac{0.11}{0.32} = 0.34 \text{ 或 } 34\%。$$

有了对某种性状的遗传力的估计量,我们就可以对选择的效应作出较佳的预测了。例如在一个牛群中的平均日增重是 2.0 斤。经选择种牛,中选的公牛平均日增重是 3.0 斤,中选的母牛是 2.6 斤。中选公母牛平均日增重是 $(3.0 + 2.6)/2 = 2.8$ 斤,因此选择差别 $S = 2.8 - 2.0 = 0.8$ 斤。如已知该性状在这牛群中的遗传力是 0.40 或 40%,那么预期中选种牛所产子代在日增重上的平均进展 R 应该是选择差别 S 的 0.4 倍或 40%,即

$$R = h^2 S = 0.4 \times 0.8 = 0.32 \text{ 斤。}$$

因此应预期子代的平均日增重要比它们的亲体所选自的群体的平均日增重 2.0 斤高出 0.32 斤,即 2.32 斤。但如果遗传力只有 0.20 或 20% 的话,那么在子代中所能预期的进展只有 0.16 斤,下一代的平均就只能预期它是 2.16 斤了。牛的传代时间平均需五年之久,因此每传一代预期 0.32 斤的进展相当于每年平均在日增重上有提高 0.06 斤的光景。所以,同样的遗传力在传代时间较短的作物、昆虫或家禽中进展就要快得多。

实际上遗传和环境的作用并不是孤立的，它们联合起来对生物体的发育施加影响。环境因素通过遗传因素而起作用。以上对遗传力的估计只不过是从小变异的角度把遗传作用与环境作用的相对重要性予以定量化罢了。说明环境通过遗传而起作用的例证到处可以遇到。例如在作物中，那些最优良的耐旱品种如移栽到低湿地区去，就往往不成为最优良的，这说明潮湿的环境不能发挥这些品种耐旱遗传性状的作用。再如在精饲料充足的条件下，长白猪比起各地的本地品种猪来，产仔数虽要低些，但低不了多少，而肥育速度快得多。可是当精饲料匮乏，主要需靠粗饲料养活的情况下，长白猪就往往产仔只寥寥数头，连长也长不快了；可是本地品种猪却照常一产十多头不稀奇，发育速度也降低不多。相反，象在浙江有一群龙游猪，精料喂太多，反而引起母猪孕期死亡率大增的后果。象这类的遗传与环境的交互影响可以通过数理统计中的方差分析法定量地予以估计。

一般而论，生物体的质量性状的遗传力比较高些。如颜色、形状、血型、某种酶的缺陷等，都是遗传的作用占主导地位 ($h^2 > 0.5$)；而生物体的数量性状的遗传力比较低些，如亩产量、千粒重、日增重、产仔数等，都是环境的作用占主导地位 ($h^2 < 0.5$)，虽然遗传也起着必不可少的作用。可是由于数量性状往往更密切地影响到农业的产量，环境的因素就显得很重要。我们在讲究遗传育种以求培育出优良品种的同时，决不可忘了作物栽培的土、肥、水、密、保、管、工、光、热、气和家畜家禽的饲养管理，仍然是首要的并需科学地予以处理的任务。