

# 动物品种的保存

杨纪珂

(中国科学技术大学)

优良的动物品种或品系，特别是家畜家禽，不论是地方的、进口的或新育成的品种或品系，一旦因杂交而丧失其原有基因库中基因的配套，就很难予以恢复。因此对于原始的优良品种或品系的保存，是育种工作者的主要任务之一，为了保存祖国的动物资源，必须注意动物品种的保存。

珍贵的野生动物，如象、大熊猫、金丝猴等，也是祖国重要的动物资源，必须加以保护，严禁捕猎。而且除了保护它们在自然环境中自由繁殖外，还必须确保它们有一定的数量，即群体头数。群体头数如降低到不足十数，那末由于一种叫做“随机漂移”的自然现象，即使蓄意保护，也往往无济于事，再传几十代，眼看它趋于灭种。

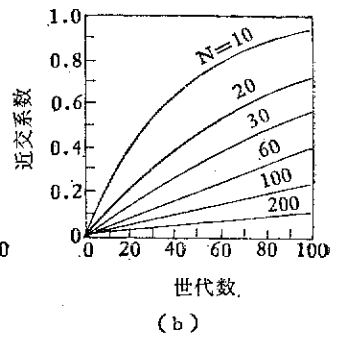
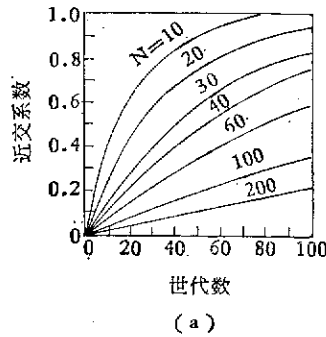
本文就动物品种或品系的基因库的保存在其群体头数和配种方案上加以讨论，其中以家畜作为主要对象，但不难举一反三，对野生动物的保存，在原理上也是相同的。

动物品种基因库的保存，正在我国各地大力组织推行之中。对此，大家有几个最关心的问题，其中有三个是：怎样才算是一个品种“保”住了？为了保种，群体的数量该留多少，以及该采用什么交配系统？

关于第一个保种问题，先假定在原种群体中存在着一个基因库，库里的基因分散地存在于群体内的各个个体中。在此库内，包含有控制或影响群体各种优良性状的基因，为数可能很多。其中有的是影响各种质量性状的单基因，但多数是影响各种数量性状的多基因。只要使这些由优良基因组成的基因库中不丢失重要的基因，这个品种就算保存住了。每种基因都是成对的，有的优良基因已经纯合固定，除了偶而突变外，不大会变了；但有的仍以杂合的状态在某些个体里与不良的隐性基因共存。现在我们知道，在一个闭锁的小群体内，任何一对杂合基因都有可能因世代随机漂移之故而使其中的一个基因固定为纯合体，另一基因则消失掉。因此当基因优劣各一时，随机漂移虽然可能使好基因固定，但也同样可能让坏基因固定而使好基因消失，这样就使这个优良基因永久性地从总的基因库中丢失而难以恢复。随机漂移使基因丢失的现象还随着群体头数的缩小而增大，使一基因达于固定或

丢失的平均世代数也随着群体的缩小而逐渐缩短。为此之故，如要保存优良基因库不使丢失的第一个措施是要确保一个有足够数量的群体。数量少了，这个基因库就不容易保存好。

关于第二个问题，该有多少头数的群体才算合适呢？请看插图中两张用电子计算机模拟算出来的好多曲线，图中的横坐标是世代数，纵坐标是近交系数，曲线表示出了近交系数随世代而增的情况。由于近交系数



度量了任一个基因对于子属后裔同样的纯合体概率，所以它间接地度量了基因丢失的可能性。因此曲线也表示出了在群体的基因库内各等位基因随世代的漂移而丢失的情况。在群体内有一个新的基因达于固定，它的等位基因就必然消失。为了希望好的基因尽可能保持不失，就要求近交系数随世代的增加速度越慢越好。也就是说图中的曲线上升越慢，对该群体的基因库的保存就越有利。

在这里的两组曲线中，图(a)的假设是在每世代群体内留种 $N$ 头，其中半数是公的，半数是母的。且假设这 $N$ 头是在上代各对亲体的产子数听其自然的情况下，然后把子代集中随机抽 $N$ 头作为留种随机交配之用。这样的留种法使每个家系所留的种畜(或种禽)数目不大一致。从这组曲线可以看到 $N$ 愈大，曲线愈平坦，也就是近交系数随世代上升得愈慢，故对保种愈有利。例如 $N$ 为30头(15头公，15头母)时，经40代后近交系数大约达于0.5，但如 $N$ 为200头(公母各100头)时，经40代后近交系数还不到0.1。这说明了在为保种用的世代群体头数与库内基因遭丢失的可能性之间的一种定量关系。也说明了为什么对作物来说，不

存在什么困难。因为一个含几百个体的作物群体的保存是轻而易举的事，所以不存在因群体头数不足而使基因有可能遭丢失的问题。可是动物就不同了，由于经济上和管理上的原因，群体的饲养量不可能搞得太大。所以必须寻找一个合理但有效的为保种所需的群体头数。有一个办法是把每对亲体所产的子代规定要保存其中的一公一母，例如  $N = 30$ ，每代留 15 公 15 母，但每一公一母都产自上代不同的公母配偶。这样做法的结果象图(b)曲线所示者。如对两图作个比较，不难发现在同样的群体头数  $N$  下，图(b)曲线要比图(a)曲线下降得慢。例如同样是  $N = 30$ ，使近交系数到达 0.5 的时间，前者需 40 代，后者却需 80 到 90 代的样子。同样传 30 代的话，前者近交系数已达 0.4，后者才达 0.2。可见采取这个每家系选留等数种畜(或种禽)再予随机配对交配以传后代的措施对保种很是有利，必须在实际保种工作中考虑采用此法。在这样控制的育种系统中，以一定数目的生殖个体而论，其近交率是可能达到的最低限度；也就是从育种的角度来说，是能够满足保种要求的最佳方案。

至于在定量问题上，从数学可推导出群体的有效当量头数  $N_e$  近似地为：

$$N_e = \frac{4N}{2 + \sigma^2} \quad (1)$$

其中  $N$  是群体实际头数，公母各半； $\sigma^2$  是每家系的子代在留种群体中的供量的参差度或方差。当随机留种时，各家系的供量虽参差不一，但可估计其方差等于每家系留种的平均数，等于 2。故上式成为  $N_e = N_0$ 。但如每家系规定都要留一公一母做种，则在各家系的供量间没有参差，故  $\sigma^2 = 0$ ，上式就成为  $N_e = 2N$ ，使有效群体当量头数近似地增加了一倍。这就说明了为什么在各家系等数选留的系统中近交系数增加得比较慢。

但实际的情况与此尚有距离。因为半数公半数母的要求在实行时往往遇到困难。由于经济上的考虑，总是多养母的少养公的。这也可以通过计算出一个有效群体当量头数来调整上述的理想模型。即假如两性数目不等，公  $N_\sigma$  头，母  $N_\xi$  头，但选留作种的个体，在数目上及性别上在家系间是等量的分配的。这样使家系间的方差仍然是零。于是可用数学方法推导出有效群体头数须满足以下公式：

$$\frac{1}{N_e} = \frac{3}{16N_\sigma} + \frac{1}{16N_\xi} \quad (2)$$

假如有这样—个为保存一个猪品种而设计的方案：在每世代中都留 50 头种母猪和 10 头种公猪；其中每头公猪都由不同的父本所生，每头母猪都由不同的母本所生。这个育种系统的目的是要使近交系数随世代的增加率，在经济容许的饲养数及公母比列的情况下，保持为最小。有效群体头数根据上式算得

$N_e = 50$ 。即这一保种系统的效果跟 50 头公母各半的每代汇总选留的群体相仿。

但如每头母猪的子代的选留不予控数，而是不论其多少，都汇总起来随机从中选留 50 头母猪 10 头公猪作种的话，则上式就不适用了，需改为：

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{4N_\sigma} + \frac{1}{4N_\xi} \quad (3)$$

此时代得  $N_e = 33.3$ ，只及各家等数选留法的 2/3，近交系数随世代而上升的速度也要加快 50%。所以汇总选留的保种法不如各家等数选留法的好。

从公式(2)还可以看出如把母猪数从 50 头降到 10 头，使与公猪数相等时，则其有效群体当量头数  $N_e = 40$ 。换句话说，母猪每世代虽减少了 40 头， $N_e$  却只减少了 50，对近交率不起很大的变化。这说明了近交率或基因丢失率取决于数目较少的一种性别。这个道理对家畜特别是大家畜的保种问题具有重要的实际意义。比如说有一个本地品种猪交给某公社负责保存。可是公猪只留两三头，母猪则留了不少。在这种情况下，公猪的数目太少，使母猪的数目再多也提高不了有效群体当量头数。如采用各家等数选留法，用式(2)算出：

$$\text{如 } N_\sigma = 3, N_\xi = 3, \text{ 则 } N_e = 12.0;$$

$$\text{如 } N_\sigma = 3, N_\xi = 9, \text{ 则 } N_e = 14.4;$$

$$\text{如 } N_\sigma = 3, N_\xi = 30, \text{ 则 } N_e = 15.5;$$

$$\text{如 } N_\sigma = 3, N_\xi = 300, \text{ 则 } N_e = 15.9.$$

足见当公猪不多时，母猪再多也不顶用，并不能提高有效当量头数  $N_e$  太多。公猪如能增加到 10 头以上，最好 20 头以上，保种就有把握多了，但仍必须采用各家等数选留法。如一个猪场无力负担，可分几个种猪场进行协作。芜湖地方优良品种圩猪的保种就是采取协作的办法安排的。每世代如留 10 公 50 母，则  $N_e = 50$ ；如留 20 公 100 母，则  $N_e = 100$ 。从(b)图上可以见到当  $N_e = 50$  时，近交系数达于 0.1 需经二十多代，这样的话，圩猪基因库基本上可望保住。但当  $N_e = 100$  时就更为稳妥，近交系数达到 0.1 需历 50 代光景，任何因基达于固定或丢失的可能性都不很大了。

关于第三个问题即配种方案的问题。就是公母种畜(或种禽)一经选定后须随机地而不是等量地搭配，如公母数相等，则整个群体中都是一公配一母，搭配则随机化。如母多于公  $n$  倍，则一公配  $n$  母，每头公猪随机配以  $n$  头母猪，每头母猪只配一头公猪。留种时先把那些有明显的近交衰退的个体淘汰。凡是不衰退的，全部用随机抽样的方法从每头公猪的子代中各留一头公猪，从每头母猪的子代中各留一头母猪。淘汰掉那些有明显的性状上有所衰退的个体有个好处，可促使近交系数上升得更慢些。

这里附带讲一下公猪与母猪比例的最优化问题。这要从数量遗传学的角度要求保种保得“好”和从经济

核算的角度要求付出的养猪成本最“省”两方面来考虑。因此必须在保证了同样的  $N_e$  的条件下要求总成本最低, 求出  $N_{\sigma}$  和  $N_{\text{♀}}$  的比值  $\beta$ , 用微分学中求最小值的方法不难推导出, 用各家等数选留法:

$$\beta = \sqrt{C_{\sigma}/3C_{\text{♀}}} \quad (\text{此式适用于 } C_{\sigma} > 3C_{\text{♀}} \text{ 时}) \quad (4)$$

其中  $\beta = N_{\text{♀}}/N_{\sigma}$ ,  $C_{\sigma}$  和  $C_{\text{♀}}$  分别是饲养一头公猪和一头母猪所费去的成本(包括饲养、劳动、基建等一切开支减去仔猪等一切收入后的净成本)。例如经过经济核算, 养一头公猪净费 1,350 元, 养一头母猪净费 50 元, 则用各家系等数选留法,  $\beta = \sqrt{1350/3 \times 50} = 3$ , 即  $N_{\text{♀}}$  是  $N_{\sigma}$  的 3 倍, 公母成 1:3, 如进行核算, 以同样的  $N_e = 48$  进行比较, 则有下表数字:

$N_e$	$N_{\sigma}$	$N_{\text{♀}}$	$C_{\sigma}N_{\sigma}$	$C_{\text{♀}}N_{\text{♀}}$	$C_{\text{总}}$
47	9	100	12,150 元	5,000 元	17,150
48	10	30	13,500 元	1,500 元	15,000
48	12	12	16,200 元	600 元	16,800

不难看出在同样好的保种效果 ( $N_e$  都是差不多) 下, 以饲养每代 10 公 30 母的猪群在经济上最省。这验证了上面用公式 (4) 算出 3 母 1 公  $\beta = 3$  的比例为最省的结论。一般而论,  $\beta$  在 3:1 到 6:1 之间较切实际的要求, 超过 6:1 就不经济了。

保种的原理和方法已如上述, 具体的方案可因品种和饲养条件以及经济上的考虑而可以灵活掌握。例

如在不少情况下, 对某一优良地方品种, 觅来觅去, 只在一个偏僻的地方找到了硕果仅存的公猪两头, 母猪一般较多。这怎么办? 其实也不用怕, 当各世代  $N$  不相等时, 其平均有效群体当量头数需满足近似式:

$$\frac{1}{\bar{N}_e} = \frac{1}{t} \left[ \frac{1}{N_{e1}} + \frac{1}{N_{e2}} + \dots + \frac{1}{N_{et}} \right] \quad (5)$$

其中  $t$  代表世代数,  $N_{e1}, N_{e2}, \dots, N_{et}$  代表各世代的有效群体当量头数。例如第一代 2 公 10 母, 照式 (2) 算出  $N_{e1} = 10$ ; 第二代增至 10 公 50 母(注意这 10 公须产自第一代中不同的母猪),  $N_{e2} = 50$ ; 第三、四、五代都增至 20 公 100 母,  $N_{e3} = N_{e4} = N_{e5} = 100$ ; 于是用上式可以算出这五代的平均有效群体当量头数  $\bar{N}_e$  的倒数为:

$$\frac{1}{\bar{N}_e} = \frac{1}{5} \left[ \frac{1}{10} + \frac{1}{50} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} \right] = 0.03$$

所以  $\bar{N}_e = 1/0.03 = 33.3$ 。如直到第十代一直保持 20 公 100 母, 则  $\bar{N}_e$  可提高到 50。因此, 即使开始时只觅到一只公猪也不必丧气。照上法办, 到第十代平均群体含量也可达 33.3, 这品种也算保住了, 在记簿上就应为这个育种小组记上一功! 当然, 如果对一个优良地方品种的公畜连一只也觅不到, 这个品种就只好算是绝种了, 这当然不是人民所希望的。为了发掘保存祖国丰富的动物资源, 希望育种工作者群策群力, 在党的领导下, 为丰富和保存我国的生物资源而作出贡献!