

DOI: 10.3724/SP.J.1005.2013.00107

# 一种验证孟德尔定律中 $F_2$ 性状分离比的新方法——显性观察法

马海财<sup>1,2</sup>, 谢小冬<sup>2</sup>

1. 甘肃民族师范学院, 合作 747000;
2. 兰州大学基础医学院, 兰州 730000

**摘要:** 在教学研究的基础上, 总结推导出了一一种快速验证孟德尔遗传定律中多对相对性状 $F_2$ 分离后各自性状比值的新方法--显性观察法。其原理是通过观察 $F_2$ 代显性性状的表现种类数, 快速确定分离性状和各自对应的表现比值, 即以 3 为底数, 以某一个体中显性性状表现型的种类数为指数, 计算 $F_2$ 后代各自性状的比值, 该方法简便易操作, 为教学和基层相关领域的科研节省了时间。

**关键词:** 性状; 验证; 孟德尔规律; 显性性状观察法; 指数; 底数

## A new method to determine the proportion of characters $F_2$ in the Mendelian inheritance—the observation method of dominant traits

MA Hai-Cai<sup>1,2</sup>, XIE Xiao-Dong<sup>2</sup>

1. Gansu Normal University for Nationalities, Hezuo 747000, China;
2. School of Basic Medical Sciences of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

**Abstract:** A new method, the observation method of dominant traits, which can be used for determining the proportion of characters from  $F_2$  under the Mendelian Inheritance, was discovered. The principle of this method is that people can conclude a general formula:  $3n_1$  ( $n_1$ : the number of dominant characters types in  $F_2$ ) based on the proportion of characters from  $F_2$  under the Mendelian Inheritance. This method is more convenient and time-saving than common tests in teaching and practice of classic genetics.

**Keywords:** determine; character; Mendelian inheritance; the observation method of dominant trait; index; base

孟德尔遗传规律自 1900 年被荷兰植物学家德弗里斯(H.De Vries, 1848~1935)、德国植物学家科伦斯(C.Correns, 1864~1933)和奥地利植物学家丘歇马克

(E.von.S.Tschermk, 1872~1962)重新发现之后<sup>[1]</sup>, 遗传学研究者一直对其不断地进行补充、更新, 先后总结出了基因对数与后代的表现型之间的关系(表 1)。

收稿日期: 2012-09-17; 修回日期: 2012-10-21

基金项目: 甘肃民族师范学院优秀课程建设项目(编号: 2011136)资助

作者简介: 马海财, 硕士, 讲师, 研究方向: 遗传育种。E-mail: mahaicai-1@163.com

通讯作者: 谢小冬, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 群体遗传学、医学遗传学。E-mail: xdxie@lzu.edu.cn

网络出版时间: 2012-12-5 15:44:03

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1913.R.20121205.1544.003.html>

表 1  $F_1$  杂合基因对数与  $F_1$  表现型和基因型种类的关系<sup>[2]</sup>

$F_1$ 杂合 基因对数	$F_1$ 杂种形成 配子种类	$F_1$ 配子 可能组合数	$F_2$ 表型数	$F_2$ 基因型数	$F_2$ 表型 分离比
1	$2^1$	$4^1$	$2^1$	$3^1$	$(3:1)^1$
2	$2^2$	$4^2$	$2^2$	$3^2$	$(3:1)^2$
3	$2^3$	$4^3$	$2^3$	$3^3$	$(3:1)^3$
4	$2^4$	$4^4$	$2^4$	$3^4$	$(3:1)^4$
5	$2^5$	$4^5$	$2^5$	$3^5$	$(3:1)^5$
...	...	...	...	...	...
n	$2^n$	$4^n$	$2^n$	$3^n$	$(3:1)^n$

注：决定 n 对相对性状的基因，分别位于 n 对同源染色体上且各性状是完全显性。

利用传统的方法验证表 1 中  $(3:1)^n$  这一通式时，主要是通过通过对每一性状后代出现的个数做统计而得出<sup>[3]</sup>。我们在教学和实验中注意到，当研究的相对性状较多时，若要验证此公式的正确性，需要对大量个体性状做数值统计，实施起来较为耗时，尤其是要弄清楚各自分离性状相对应的比值<sup>[4]</sup>时则显得更加繁琐，甚至有时会出现张冠李戴现象，导致实验或教学出现人为误差；有时虽然能够准确统计出和找到后代分离比值对应的性状，但会耗去实验者或教学者大量宝贵时间，既费时又费力。而且近年来，遗传学教学信息量的剧增与授课学时的不断压缩之间的矛盾日趋突出，遗传学教学工作者为解决这一矛盾不断做出一些新的探索<sup>[5]</sup>，我们在多年的教学和科研实践中，总结出了一种快速确定多对相对性状  $F_2$  分离后各自对应性状比值的新方法——显性观察法，其原理是通过观察某一杂交个体  $F_2$  后代显性性状的表现种类数，确定分离后代各自表现的比值，即以 3 为底数，以某个体中显性性状表现型的种类数为指数，快速准确验证  $F_2$  后代各自分离表现性的比值，以达到验证孟德尔规律的目的。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

选取孟德尔的香豌豆杂交试验材料<sup>[6]</sup>。

### 1.2 方法

以孟德尔香豌豆试验中具有完全显性的相对性状：种子形状、种皮的颜色、花的颜色和豆荚形状的遗传规律为例进行对比推导。

#### 1.2.1 两种方法在 3 对相对性状中的对比推导

以孟德尔香豌豆中的 3 对相对性状(种皮颜色、

种子形状和花的颜色)为例：

P 黄色、圆粒、红花×绿色、皱粒、白花

$F_1$  黄色、圆粒、红花

⊗

$F_2$  黄圆红 黄圆白 绿圆红 绿圆白 黄皱红  
黄皱白 绿皱红 绿皱白

(1) 孟德尔推算方法：

理论比值： $(3:1)^3 = (3:1)^3 = 27:9:9:9:3:3:3:1$

通过常规验证方法，首先需要统计  $F_2$  后代的每一植株的各种性状，再对所有后代进行对号、归类 and 相加，最后用所得到的结果验证<sup>[6]</sup>： $(3:1)^3 = 27:9:9:9:3:3:3:1$ 。此方法在实际使用中较繁琐，初学者容易出现人为误差。

(2) 显性观察法推算方法：

黄圆红：有 3 类显性性状，底数为通用 3，指数为 3，即  $3^3=27$ ；黄圆白：有 2 类显性性状，底数为通用 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；黄皱红：有 2 类显性性状，底数为通用 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；绿圆红：有两类显性性状，底数为通用 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；黄皱白：有 1 类显性性状，底数为通用 3，指数为 1，即  $3^1=3$ ；绿圆白有 1 类显性性状，底数是通用的 3，指数为 1，即  $3^1=3$ ；绿皱红：有 1 类显性性状，底数为通用的 3，指数为 1，即  $3^1=3$ ；绿皱白：没有显性性状，底数为通用 3，指数为 0，即  $3^0=1$ 。由以上比例可以推出：后代的表现型比例为黄圆红：黄圆白：黄皱红：黄皱白：绿圆红：绿圆白：绿皱红：绿皱白=27:9:9:9:3:3:3:1。

相比孟德尔的数字统计，利用此方法就显得简便明了，即以某一群体显性性状的种类数为指数，

以 3 为底数便得出该群体在整个后代中的比值即可。

### 1.2.2 两种方法在 4 对相对性状中的对比推导

以孟德尔试验中香豌豆的 4 对相对性状(种子形状、种皮颜色、花的颜色和豆荚形状)为例：

P 圆粒、黄色、红花、膨大×皱粒、绿色、  
白花、缢缩

$F_1$  圆粒、黄色、红花、膨大

$F_2$  圆黄红膨、黄圆红缢、圆黄白膨、圆绿红膨、皱黄红膨、黄圆白缢、皱绿红膨、圆绿红缢、皱黄白膨、圆绿白膨、皱黄红缢、皱绿白膨、皱绿红缢、皱黄白缢、圆绿白缢、皱绿白缢

#### (1) 孟德尔推算方法：

上述试验结果的理论比值： $(3-1)^n = (3:1)^4 =$

81 27 27 27 27 9 9 9 9 9 9 3 3  
3 3 1

如果按孟德尔的计数法验证此规律，则需要对豌豆后代逐一计数和分类，最后对每一种表现性进行比较才能得出结果，如果是在课堂上则需耗去大量时间。

#### (2) 显性观察法推算方法：

圆黄红膨：有 4 类显性性状，底数为通用 3，指数为 4，即  $3^4=81$ ；黄圆红缢：有 3 类显性性状，底数为通用 3，指数为 3，即  $3^3=27$ ；圆黄白膨：有 3 类显性性状，底数为通用 3，指数为 3，即  $3^3=27$ ；圆绿红膨：有 3 类显性性状，底数为通用 3，指数为 3，即  $3^3=27$ ；皱黄红膨：有 3 类显性性状，底数为通用 3，指数为 3，即  $3^3=27$ ；黄圆白缢：有 2 类显性性状，底数是通用的 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；皱绿红膨：有 2

类显性性状，底数为通用的 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；圆绿红缢：有 2 显性性状，底数为通用 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；皱黄白膨：有 2 显性性状，底数为通用 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；圆绿白膨：有 2 显性性状，底数为通用 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；皱黄红缢：有 2 显性性状，底数为通用 3，指数为 2，即  $3^2=9$ ；

皱绿白膨：有 1 显性性状，底数为通用 3，指数为 1，即  $3^1=3$ ；皱绿红缢：有 1 显性性状，底数为通用 3，指数为 1，即  $3^1=3$ ；皱黄白缢：有 1 显性性状，底数为通用 3，指数为 1，即  $3^1=3$ ；圆绿白缢：有 1 显性性状，底数为通用 3，指数为 1，即  $3^1=3$ ；皱绿白缢：无显性性状，底数为通用 3，指数为 0，即  $3^0=1$ 。

对以上结果进行整理后得出：圆黄红膨 黄圆红缢 圆黄白膨 圆绿红膨 皱黄红膨 黄圆白缢 皱绿红膨 圆绿红缢 皱黄白膨 圆绿白膨 皱黄红缢 皱绿白膨 皱绿红缢 皱黄白缢 圆绿白缢 皱绿白缢=81 27 27 27 27 9 9 9 9 9 9 3 3 3 3 1。

当观察的性状为  $n1 \geq 5$  (用  $n1$  表示整数) 对多对完全显性的杂合基因时， $F_2$  表现性的比值以此类推……，即计算多对相对性状  $F_2$  后代分离比值时，用“ $K=3^{n1}$ ”(K 为某一个体的在整个分离后代的比值) 这一通式。

## 2 结 果

通过对孟德尔规律的研究，在传统的验证孟德尔分离规律方法的基础上，经过总结和创新，得出了一种更加快捷简便验证孟德尔  $F_2$  群体分离比值的方法，最终的推导公式如表 2。

表 2  $F_1$  杂合基因对数与  $F_1$  表现型和基因型种类的关系<sup>[7]</sup>的补充

$F_1$ 杂合基因对数	$F_1$ 杂种形成配子种类	$F_1$ 配子可能组合数	$F_2$ 表型数	$F_2$ 基因型数	$F_2$ 表型分离比	$F_2$ 表型观察群体比
1	$2^1$	$4^1$	$2^1$	$3^1$	$(3:1)^1$	$3^1$
2	$2^2$	$4^2$	$2^2$	$3^2$	$(3:1)^2$	$3^2$
3	$2^3$	$4^3$	$2^3$	$3^3$	$(3:1)^3$	$3^3$
4	$2^4$	$4^4$	$2^4$	$3^4$	$(3:1)^4$	$3^4$
5	$2^5$	$4^5$	$2^5$	$3^5$	$(3:1)^5$	$3^5$
...	...	...	...	...	...	...
n	$2^n$	$4^n$	$2^n$	$3^n$	$(3:1)^n$	$3^{n1}$

注： $n1$  为整数。

### 3 讨论

显性观察法与常规统计法相比的优缺点。

#### 3.1 优点

(1) 便于遗传学和遗传育种学等课程的教学。在遗传教学过程中, 以此方法验证孟德尔规律, 能够节省课堂时间, 即避免教师为了验证孟德尔的分离规律, 花费大量时间统计后代分离个体; (2) 直观性强。孟德尔分离规律的理论比值是建立在肉眼看不见的遗传因子基础上<sup>[8]</sup>, 而且涉及到数学中的专业知识, 那些初学者或研究者用传统的方法验证起来较困难, 而笔者在多年的教学过程中总结出的这种快速高效的验证方法--显性观察法, 既简便又直观, 有利于相关专业的师生及基层工作者在推算 $F_2$ 后代的分离比值时, 直接观察和数显性性状的种类就达到目的, 为数据处理提供了便利; (3) 有助于加深孟德尔规律的理解。常规验证方法对数学基础知识扎实的学生来讲比较容易理解, 但对数学知识相对薄弱的学生较困难<sup>[9]</sup>, 而利用显性观察法进行 $F_2$ 分离后代的验证, 既便于他们深层次理解孟德尔规律, 同时能够提高他们遗传学的学习效率。针对基层育种工作者来讲, 在实际试验中往往会存在一些人为地误差, 显性观察法通过现场观察, 可以及时避免和更正人为误差; (4) 简化复杂的数据处理。显性观察法能够把一个庞大的复杂数据分解为小的可以口算的数据, 为试验结果分析的准确性提供了保证。

#### 3.2 缺点

(1) 此方法不能用于共显性、不完全显性和镶嵌性的后代分离比的验证。当出现共显性、不完全显性或镶嵌型性状时, 试验结果不符合孟德尔分离规

律, 所以不能利用此方法推断后代的分离比值; (2) 未推导出一次性验证 $F_2$ 分离群体中每一个分离群体的通式。此方法只能对 $F_2$ 分离群体中每一个分离群体一一验证, 不能用一个通式一次性推导。

综上所述, 显性观察法是对孟德尔传统验证方法的补充和更新, 为遗传学教学和基层遗传育种工作者提供了一种验证孟德尔规律的便捷方法; 可以增强学生对孟德尔分离规律的认识和理解; 提高学生学习遗传学的效率, 同时便于基层工作者在实践中的应用。

#### 参考文献(References):

- [1] 孙咏萍, 董杰. 重述孟德尔定律的再发现. 安徽农业科学, 2011, 39(22): 13268-13269, 13333. DOI
- [2] 刘祖洞. 遗传学 (第二版). 北京: 高等教育出版社, 1991. DOI
- [3] 杨业华. 普通遗传学 (第二版). 北京: 高等教育出版社, 2008. DOI
- [4] 魏成章. 遗传规律发现史征——基因分离定律教学中的应用. 中学生物教学, 2007, 5(2): 14-16. DOI
- [5] 张羽. 生物教育专业《遗传学》教学改革探索. 遗传, 2008, 30(2): 246-250. DOI
- [6] 朱军. 遗传学 (第三版). 北京: 中国农业出版社, 2002. DOI
- [7] 卢龙斗. 遗传学. 北京: 科学出版社, 2011. DOI
- [8] 刘军, 罗培高. 数学原理在遗传学教学中的应用与实践. 遗传, 2011, 33(11): 1279-1282. DOI
- [9] 任本命. 纪念孟德尔遗传学论文重新发现 100 周年. 遗传, 2006, 22(5): 32-22. DOI