

遗传学三百题解

刘国瑞 等 编

· 北京师范大学出版社 ·

遗传学三百题解

(修订本)

刘国瑞等 编

北京师范大学出版社

遗传学三百题解

(修订本)

刘国瑞等 编

*

北京师范大学出版社出版发行

全国新华书店经销

中国科学院印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 9.75 字数: 206 千

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

印数: 1—5 500

ISBN 7-303-00365-7/Q·13

定价: 2.60 元

序

遗传学同生物学其他各学科一样,是实验性科学,其理论的基石是严密的科学实验。然而,由于遗传学自身的特点,在加强实验教学的同时,辅之以一定数量的练习题,实为教学基本环节所必需。这个《遗传学三百题解》(下称《题解》)即基于此目的所做的一个尝试。

本《题解》所及范围,系根据1980年高等学校理科教材会议所拟《高等师范院校遗传学教学大纲》和《综合大学遗传学教学大纲》规定的教学内容,考虑到各校或各专业因其特点不同,在实际教学过程中,可能各有侧重。因此,《题解》的个别部分,在内容上与上述两个《大纲》又略有不同。

题目来源,主要选自刘祖洞、江绍慧:《遗传学》(1979年第一版); J. F. Crow: *Genetics Notes* (1976. 7th ed.), J. B. Jenkins: *Genetics* (1978. 2nd ed.); 此外,还有盛祖嘉:《微生物遗传学》(1981年第一版), D. T. Suzuki and A. T. Friffiths: *An Introduction to Genetic Analysis* (1976), I. H. Herskowitz: *Principles of Genetics* (1977. 2nd ed.) 和方宗熙:《普通遗传学》(1978年第四版)等著作。为尊重原作,对于遗传学的常用符号,在这里未作划一。

在解题过程中,力图给一用基本定律分析实际问题的明确思路。但是,通常一题有多种解法,限于篇幅,本《题解》只举一种,余不赘述,谨期读者举一反三。此外,凡费解题例,对

题意的理解一般有所交待,所依原理亦略作阐述或提示。

这个《题解》,是在北京师范大学彭奕欣副教授和毛盛贤副教授的鼓励下写成的。在编写过程中,得到刘来福副教授及黄远樟同志许多帮助。特别是,幸蒙郭学聪副教授审订全稿,并指出了其中许多错误之处。在此,一并表示衷心感谢。

本书主要由刘国瑞同志编写,其中部分题目是冯新芹同志选解的,梁彦生同志参加了讨论等工作。由于我们的专业水平有限和教学经验不足,难免仍有内容不妥和编解错误之处,敬希有关专家和广大读者批评指正。

编者

1982年12月

目 录

第一章	<u>孟德尔定律 (1—40)</u>	1
第二章	孟德尔定律的扩展(41—70).....	39
第三章	性别与伴性遗传(71—95).....	66
五 第四章	<u>连锁与互换定律 (96—130)</u>	86
二 第五章	<u>遗传的细胞学基础(131—160)</u>	127
第六章	原核类(包括噬菌体)的遗传分析(161—185)...	154
第七章	遗传的分子基础(186—215).....	176
第八章	基因的表达及其调控(216—240).....	205
六 第九章	<u>数量性状的遗传(241—270)</u>	228
第十章	<u>群体遗传的分析(271—300)</u>	268
附 1	果蝇的基因位点	300
附 2	大肠杆菌的遗传学图	302
附 3	mRNA 之遗传密码表	303
附 4	χ^2 表	304
附 5	t 表	305

第一章 孟德尔定律

1/ 通常,人类眼睛的颜色是遗传的,即褐色归因于显性基因,蓝色是由其相对的隐性基因决定的。假定,一个蓝色眼睛的男人与一褐色女人婚配,而该女人的母亲为蓝眼。问其蓝眼孩子的预期比率如何?

解 若 B 代表显性基因(褐色), b 代表隐性基因(蓝色)。

于是,根据题意可知,蓝眼男人为隐性纯型合子,即 bb,而褐色女人由于其母为蓝眼,故应为杂型合子褐色 Bb。

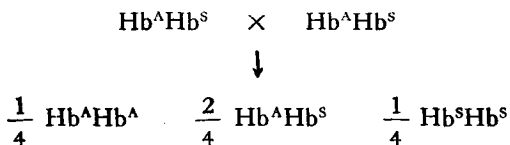
因此,该婚配其子女类型及频率可推知如下图示:

$$\begin{array}{ccc} Bb & \times & bb \\ & \downarrow & \\ \frac{1}{2} Bb & & \frac{1}{2} bb \end{array}$$

可见,在他们的子女中,蓝眼孩子预期占 50%。

2/ 镰形细胞贫血症为常染色体隐性遗传。一该基因携带者与另一携带者婚配,其子女中,预期患溶血性贫血的比率如何? 属于镰形细胞基因携带者但不患病的比率呢?

解 从题目中可知,镰形细胞贫血症是由一对隐性基因决定的,杂合子不表现溶血性贫血。因此,若以 Hb^s 代表镰形细胞贫血基因, Hb^A 代表其等位的正常基因,在上述婚配中,其子女的基因型频率可图示如下:



可见,其中表现为镰形细胞贫血的比率为1/4,镰形细胞贫血基因携带者而非患溶血性贫血的比率是1/2。

3* 二健康人有7个孩子,其中2个夭折于镰形细胞贫血症。在分析亲本血样时发现,当氧压降低时,血球呈镰刀形。而纯型合子正常个体之红血球,在同样条件下则不表现该性状。仅根据这些资料回答:

- (1) 存活的5个孩子将有多少表现该性状?
- (2) 镰形细胞贫血症是显性,隐性,还是不完全显性?
- (3) 镰形细胞性状本身是显性,隐性,还是不完全显性?

解 由于双亲皆健康,而孩子出现致死者,且表现近1/4,所以断言,这对双亲为对镰形细胞贫血症基因的杂合子。

据此,孩子的1/4,或者说,存活者的1/3应为正常纯型合子。因此,在存活的5个孩子中预期将有3个或4个为杂合型,即当氧压降低时血球表现镰刀形性状。

由以上分析可见,镰形细胞贫血症为隐性遗传疾病,而红血细胞镰刀形性状则为显性。

4 秃顶是由常染色体显性基因B控制,但只在男性表现。一个非秃顶男人与一其父为非秃顶的女人婚配,他们生

* 原题有解答者。以下同。——编者注。

了一个男孩，后来在发育中表现秃顶。试问这个女人的基因型怎样？

解 因孩子生育为秃顶，可以断言，其遗传组成定含基因 B 。

又因为，其父正常。因此推论：

(1) 该男孩之基因型为 Bb ；

(2) 基因 B 来自母亲。也就是说，其母之遗传组成含 B 。

还因为，其母之父非秃顶。推论：男孩的外祖父之遗传组成是 bb 纯合。因此，对男孩之母提供的配子，肯定含 b 基因。

于是，这个女人的基因型定为 Bb 。

5/ 某女人表现为一种罕见的上睑下垂 (ptosis of the eyelid)，以致眼睛不能完全睁开。这种病是由显性基因 (P) 决定的。这个女人的父亲即为上睑下垂，但其母及祖母的眼睛皆表现正常。(1) 这个女人之父母可能的基因型是什么？(2) 如果她与一个正常男人婚配，预期她的孩子中具有上睑下垂症状者的比例如何？

解 (1) 题目给定，该女人是上睑下垂。由于这个性状是由显性基因 (P) 决定的，故其具正常表型的母亲之基因型肯定是 pp 。又因为祖母的眼睛正常，也就是说，其基因型亦为 pp ，故该女人的父亲(表现的上睑下垂)之遗传组成定为 Pp 。

(2) 根据(1)中推断，可以肯定，该上睑下垂女人为杂型合子 (Pp)。因此，当她与正常男人婚配时，生育子女的情形是

$$Pp \times pp$$

$$\frac{1}{2} Pp \times \frac{1}{2} pp$$

也就是说,其子女表现上睑下垂性状的概率是 $1/2$ 。

6 低能 (feeble-mindedness) 隐性基因杂合的双亲若有 4 个孩子,其情形如下,问概率各为多少?

- (1) 全不正常; (2) 全部正常;
(3) 3 个正常 1 个低能。

解 假定双亲基因型为 Ff , 则各型子女出现概率是:

$$\begin{array}{c}
 Ff \times Ff \\
 \downarrow \\
 \frac{1}{4} FF \quad \frac{2}{4} Ff \quad \frac{1}{4} ff \\
 \underbrace{\hspace{10em}} \\
 3/4 \text{ 正常} \quad 1/4 \text{ 低能}
 \end{array}$$

于是各种情形之概率是:

(1) 全不正常:

$$C_4^0 \left(\frac{3}{4}\right)^0 \left(\frac{1}{4}\right)^4 = \left(\frac{1}{4}\right)^4 = \frac{1}{256}$$

(2) 全部正常:

$$C_4^4 \left(\frac{3}{4}\right)^4 \left(\frac{1}{4}\right)^0 = \left(\frac{3}{4}\right)^4 = \frac{81}{256}$$

(3) 3 个正常 1 个低能:

$$C_4^3 \left(\frac{3}{4}\right)^3 \left(\frac{1}{4}\right)^1 = 4 \left(\frac{3}{4}\right)^3 \left(\frac{1}{4}\right)^1 = \frac{27}{64}$$

7* 一个短尾耗子与一正常尾耗子交配,产生的后代中正常尾与短尾类型之比为 $1:1$ 。而二短尾类型交配时,子代中

短尾:正常尾 = 2:1。请用适当的符号图示并说明这些结果,再指出,引起短尾性状的基因是显性还是隐性。

解 我们令T代表短尾基因,+号代表正常尾的基因(当然,在这里令t代表正常尾基因也是合适的,不过,人们通常是用+号代表野生型)。从第一交配分离比推知,短尾一定为杂合子,并且短尾基因为显性。

如此,第一交配可图示为:

$$\begin{array}{rcc}
 \text{P} & \text{T/+} & \times & \text{+/+} \\
 & & & \downarrow \\
 \text{F}_1 & \frac{1}{2} \text{T/+} & & \frac{1}{2} \text{+/+} \\
 & \text{短尾} & & \text{正常尾}
 \end{array}$$

而第二个交配是:

$$\begin{array}{rcc}
 \text{P} & \text{T/+} & \times & \text{T/+} \\
 & & & \downarrow \\
 \text{F}_1 & \frac{1}{4} \text{T/T} & \frac{1}{2} \text{T/+} & \frac{1}{4} \text{+/+}
 \end{array}$$

但,题目给定:短尾:长尾 = 2:1。可见,有1/4的T/T未计入。于是推知,纯合子T/T不成活。因此,可以这样说,基因T就短尾性状而言为显性,就致死效应而言为隐性基因。

8 大约在70个表型正常的人中有一个白化基因杂合子。一个表型正常其双亲也正常但有一白化弟弟的女人,与一无亲缘关系的正常男人婚配。问他们如果有一孩子,而且为白化儿的概率是多少?

解 该正常女人之双亲亦表型正常,但弟弟为白化症患者

者,说明,其父母皆为白化基因携带者。因此,该女人在家系中的概率可以推出。假定 a 代表白化基因,则:

$$\begin{array}{c} Aa \times Aa \\ \downarrow \\ \frac{1}{4} AA \quad \frac{2}{4} Aa \quad \frac{1}{4} aa \\ \underbrace{\hspace{10em}} \\ \text{正常} \qquad \qquad \text{白化} \end{array}$$

也就是说,在表型正常的女人中,杂合子的概率是 $2/3$ 。

当然,另一无亲缘关系的男人为白化基因携带者的概率是 $1/70$ 。而两者产生带白化基因之配子的条件概率皆为 $1/2$ 。

于是,他们结婚时,产生白化儿的概率是:

$$\left[\left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \right] \cdot \left[\left(\frac{1}{70} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \right] = \frac{1}{420}$$

9 一个 Rh^- 血型的妇女与其杂合型 Rh^+ 血型的丈夫有 3 个孩子,问这三个孩子全是 Rh^+ 血型的概率是多少?

解 知 Rh 血型主要有一对基因 D, d 控制。因此,这对夫妇所生育的子女类型及概率可图示如下:

$$\begin{array}{c} dd \times Dd \\ \downarrow \\ \frac{1}{2} Dd \quad \frac{1}{2} dd \end{array}$$

也就是说,子女出现 Rh^+ 或 Rh^- 血型的概率各 $1/2$ 。

当生 3 个子女时,其血型类型的概率分布是:

$$\left(\frac{1}{2} Rh^+ + \frac{1}{2} Rh^- \right)^3$$

$$\begin{aligned}
&= C_3^3 \left(\frac{1}{2}\right)^3 \left(\frac{1}{2}\right)^0 + C_3^2 \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{1}{2}\right)^1 + \\
&\quad + C_3^1 \left(\frac{1}{2}\right)^1 \left(\frac{1}{2}\right)^2 + C_3^0 \left(\frac{1}{2}\right)^0 \left(\frac{1}{2}\right)^3 \\
&= \frac{1}{8} + \frac{3}{8} + \frac{3}{8} + \frac{1}{8} \\
&\quad 3Rh^+ \quad 2Rh^+ \quad 1Rh^+ \quad 3Rh^- \\
&\quad \quad \quad 1Rh^- \quad 2Rh^-
\end{aligned}$$

所以结论是：上述血型类型婚配生三个子女皆为 Rh⁺血型的概率为 1/8。

10* 在花斑色的牛中，有红色的和褐色的。一红色公牛与一褐色母牛交配，所生牛犊，雄性者褐色，雌性红色。子一代红色母牛与褐色公牛交配，所生 F₂ 如下：

红色公牛 1，红色母牛 3，
褐色公牛 3，褐色母牛 1。

你如何解释这一杂交？

解 分析 F₂ 表型，只有一对性状，表型比为 1:1。然而，就任一性状而言，皆呈 3:1 分离；不过在两个性别中，比例颠倒。

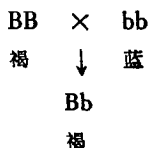
因此，可以推断：

- (1) 这属于一对基因差异的杂交；
- (2) 这对基因显隐性关系随性别而互逆。具体说，红色基因在雌性表现为显性，褐色基因在雄性表现显性。

根据这一分析，在 F₂ 基因型 1:2:1 的分离比中，杂合体随性别不同而异，在雄性中为褐色，在雌性中为红色。这一假设，在 F₁ 和 F₂ 中都是适合的。

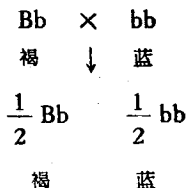
11 一个褐眼男人与一蓝眼女人婚配,他们有 8 个孩子,都是褐眼的。你能否确定,该男人是纯合子还是杂合子?哪种可能性更大?如果第 9 个孩子是蓝眼的,又将如何解释这个问题。

解 在 8 个孩子皆为褐眼的情况下,该男人为纯型合子(BB)的可能性更大。因为:



此时的概率为 1,即为必然事件。

而若为杂型合子时,



根据这一假定,对于连生 8 个褐眼孩子的情形,应估算其概率,然后再作出明确的判定。即

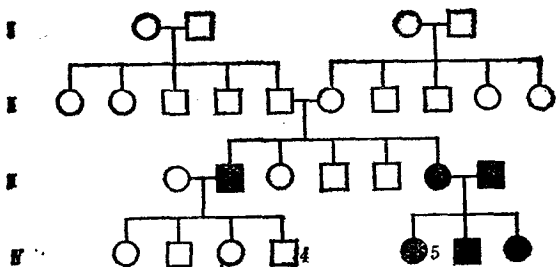
$$X^2 = \sum \frac{(o - e)^2}{e} = \frac{(8 - 4)^2}{4} + \frac{(0 - 4)^2}{4} = 8$$

当 $d \cdot f \cdot = 1$ 时,查 X^2 表求得此时概率 $p < 0.01$ 所以,对该男人作纯型合子的判定是合理的。

可是,若出现第 9 个孩子为蓝眼,则应判定为杂合子。因为,只有这样 (Bb) 才会出现子代的蓝眼 (bb)。

12 从下面的家系(如图)中,分析该病的遗传方式。若

IV-4 个体与 IV-5 个体婚配,那么第一个孩子患这种病的概率是多少?



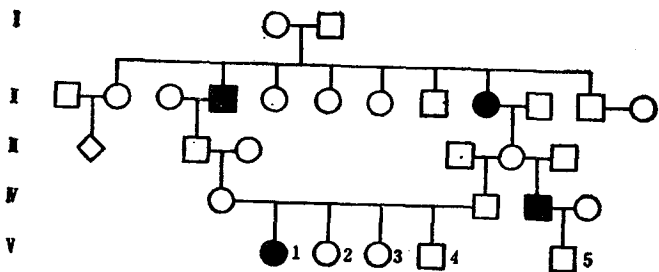
解 从 III 代看,他们的父母 (II-5 与 II-6) 表型正常。表型正常的双亲生了患病儿女,可以推断这对双亲均为致病基因携带者。可见,此病的常染色体隐性遗传。

又, IV-4 表型正常,从双亲分析,他为致病基因携带者,他产生的带致病基因的配子之概率为 $1/2$; 而 IV-5 为患者 (隐性致病基因纯合子),她形成的带致病基因的配子之概率为 1。

因此,假定 IV-4 与 IV-5 婚配,他们第一个子女患病的概率为 $1/2$ 。

13 下面的家系之个别成员有一种十分罕见的病,已知这病是隐性方式遗传的,其基因型是 aa 。

- (1) V-1 个体的弟弟是杂合体的概率是多少?
- (2) V-1 个体的两个妹妹全是杂合体的概率是多少?
- (3) 如果 V-1 与 V-5 结婚,那么他们第一个孩子有病的概率是多少?
- (4) 如果他们第一个孩子已经出生,而且已知有病,那么



第二个孩子有病的概率是多少？

解 (1) 已知该病为隐性遗传 (aa)。因此,可以推断,在这个系谱中, V-1 至 V-4 之表型正常的双亲定为杂合子 (Aa)。于是,在第 V 代中,任一个体的出生,患病的概率都是 $1/4$, 为杂合体的概率是 $1/2$, 是正常纯型合子的概率为 $1/4$ 。

现在,已知 V-1 患病,且概率为 $1/4$; V-2、V-3 和 V-4 表型正常,也就是说,他们不是 AA 就是 Aa。因此,在这一特定的子代构成中,各表型正常的个体是纯合子的概率

$$P(AA) = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = \left(\frac{1}{4}\right)\left(\frac{4}{3}\right) = \frac{1}{3}$$

为杂合子的概率

$$P(Aa) = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{4}{3}\right) = \frac{2}{3}$$

可见, V-1 个体的弟弟 (V-4 这一特定个体) 是杂合子

的概率为 $2/3$ 。

(2) 同理, V-1 个体的两个妹妹 (V-2 和 V-3) 为杂合体的概率均为 $2/3$ 。由于二者独立, 于是, 他们全是杂合体的概率为:

$$\left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{4}{9}$$

(3) 从家系分析可知, 由于 V-5 个体的父亲为患者, 可以肯定 V-5 个体定为杂合子 (Aa)。因此, 当 V-1 与 V-5 结婚, 他们第一个孩子患病的概率是 $1/2$ 。

(4) 当 V-1 与 V-5 的第一个孩子确为患者时, 因第二个孩子的出生与前者独立, 所以, 其为患病者的概率仍为 $1/2$ 。

14 人类大肠有一种疾病, 叫肠息肉 (intestinal polyposis), 它决定于显性基因 P; 而称为亨氏舞蹈症 (Huntington's chorea) 的神经紊乱是由显性基因 H 决定的。一个带有 P 基因 (基因型 Pphh) 的男人与一带 H 基因 (基因型 ppHh) 的女人婚配。假定 P 和 H 位于不同的染色体上。如果他们有 3 个孩子, 全部表现正常的概率是多少?

解 根据题意, 这一特定婚配生各类型子女的概率可图示如下:

		PpHh		精子的基因型	
				Ph	ph
卵的 基因型	pH	PpHh	ppHh	Pphh	pphh
	ph	PpHh	ppHh	Pphh	pphh