

# Analysis and sharing of problem solving techniques for genetics calculation in high school biology

Dianlin Zhang

Qujing No.1 Middle School, Qujing, Yunnan, 655000, China

## Abstract

The laws of inheritance constitute essential content in high school biology education and serve as a training ground for scientific thinking. The examination of the Law of Segregation and the Law of Independent Assortment frequently appears as calculation problems, representing a key challenge in daily teaching tasks. Most students struggle with comprehension and analysis, often developing anxiety due to the integration of abstract concepts, complex scenarios, and mathematical tools. This paper aims to share problem-solving techniques and analytical perspectives for calculation-based questions related to the laws of segregation and independent assortment in high school biology, demonstrating the connection between core exam points and textbook knowledge. It seeks to provide inspiration for frontline teachers and students in both teaching and learning practices.

## Keywords

derivation process and core content of genetic law; genetics calculation problem; gamete method; decomposition method

# 关于高中生物学遗传学计算题的解题技巧分析分享

张滇麟

曲靖市第一中学, 中国·云南曲靖 655000

## 摘要

遗传规律是高中生物学学习的必修内容,也是科学思维的“训练场”,针对分离定律和自由组合定律的理解考察常以计算题的形式出现,属于日常教学任务中的一块重难点,大部分学生理解分析困难、束手无策,对此常有畏难情绪,其难度源于抽象概念、复杂情境与数学工具的融合,在此笔者想借此文分享关于高中生物学分离定律和自由组合定律的计算题解题技巧与分析观点,展示出相关考点核心与教材知识的联系,愿能为广大一线师生在教学或学习上提供一定的灵感。

## 关键词

遗传规律的推导过程与核心内容;遗传学计算题;配子法;拆分法

## 1 引言

在日常教学中我们常听到有学生反映“关于必修二第一章就是计算题不会做”,这句话好像表明:第一,学生认为必修二第一章的难度主要在于计算题,其他难度都低于此;第二,学生潜意识里自动地把课本上关于分离定律和自由组合定律的推导过程描述与考察题目相剥离,认为课本上讲的在实际做题上特别是分析计算题时联系不大,这两层意思都说明关于遗传规律的推导过程和遗传规律的核心内容学生在学的过程中没有感知到其要点,意识不到所有遗传学题目的考察点都来自于遗传规律的推导过程和遗传规律的核心内容,本文将主要分别对关于分离定律和自由组合定律的遗传学计算题解题技巧进行展示分享。

【作者简介】张滇麟(1997-),女,中国云南曲靖人,硕士,从事教育学学科教学生物研究。

## 2 关于分离定律的计算题

### 2.1 例题展示与解析

【例1】M基因在水稻细胞中能编码毒蛋白,该毒蛋白对雌配子无影响,但是由于某种原因,同株水稻不含M基因的花粉出现一定比例的死亡。实验小组让基因型为Mm的植株自交, F<sub>1</sub>中隐性性状植株所占的比例为1/6。下列说法错误的是( )

- A. 上述亲本植株中含m基因的花粉有2/3会死亡
- B. 基因型为Mm和mm的植株正反交,后代表型比例不同
- C. F<sub>1</sub>的显性性状个体中纯合子所占比例为2/5
- D. F<sub>1</sub>个体自交后代中隐性性状个体所占比例为3/16

【解析】题干表明Mm产生的雌配子种类比是正常的1:1,但雄配子种类比未知,又已知Mm自交产生F<sub>1</sub>中的mm占有后代比例为1/6,可知后代F<sub>1</sub>各基因型总比例和为6,因为有性生殖的后代是亲本雌雄配子随机结合的结果,

所以后代  $F_1$  各基因型总比例和 = 亲本雌配子种类比例和  $\times$  亲本雄配子种类比例和, 这里雌配子种类比例和为 2, 所以雄配子种类比例和为 3, 又因为  $F_1$  中的  $mm$  只占 1 份, 因此亲本雄配子的种类比例应为: 2:1, 为什么不是正常的 1:1 呢? 因为题干中说含  $m$  基因的花粉有一定比例的死亡,  $M$  花粉会受影响吗? 不会, 所以相比于  $M$  的花粉而言,  $m$  花粉正常应该是 2 份, 但现在为 1 份, 故死了 1/2, 这里是个易错点, 很多同学会理解为死了 2/3, 之所以这样是把分母误解为  $m+M$  的总份数了, 没有想到  $m$  死的比例是占  $m$  原份数所得的, 和  $M$  无关, 关于 A 选项的分析就为配子法, 笔者习惯用图 1 所示草稿图解题, 该题解题关键在于就在于理解后代  $F_1$  各基因型总比例和 = 亲本雌配子种类比例和  $\times$  亲本雄配子种类比例和。

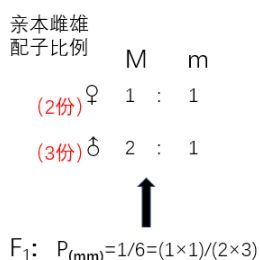


图 1

B 选项的杂交设计实为测交, 测交在孟德尔的豌豆杂交实验中就是用来验证分离定律和自由组合定律的, 这里就需要学生想到测交为什么可以验证分离定律和自由组合定律, 分离定律和自由组合定律都是发生在配子形成时的遗传规律, 是这个规律决定了个体产生的配子种类, 再根据不同配子的存活率和育性有了配子种类比例, 因此验证遗传规律的实质就是验证杂合子所产生的配子种类, 测交的巧妙之处就在于用基因型为隐性的个体与待测个体交配, 达到通过后代表型比反映待测个体配子种类比的目的, 从而验证了遗传规律, 理解了这点 B 选项就可以被看透了,  $Mm$  和  $mm$  的正反交后代表型比即分别为  $Mm$  的雌雄配子种类比, 如图 1 肯定不同。

C 选项要从  $F_1$  中算显性性状中的纯合子比例, 则要找出显性性状总份数作为分母, 纯合子份数作为分子, 根据图 1 所示可知显性性状总份数 = 6-1=5,  $MM$  有 2 份, 所以是 2/5。

D 选项讨论  $F_1$  个体自交后代中隐性性状个体所占比例, 只能由  $Mm$  和  $mm$  自交才能获得  $mm$ , 故  $F_2$  中  $P(F_2mm) = P(F_1Mm) \times P(mm) + P(F_1mm) \times P(mm) = 3/6 \times 1/6 + 1/6 \times 1 = 1/4$ , 这里隐藏 2 处陷阱, 第 1 处是考虑  $Mm$  自交产生  $mm$  的概率, 学生容易习惯性理解为 1/4, 显然是忽略了这里雄配子比是 2:1 的事实, 也暴露学生在学习  $Aa$  自交后代基因型比 1:2:1 时对亲本雌雄配子种类比的关注度不高的问题, 第 2 处理解易错点在于考

虑  $mm$  自交产生  $mm$  的概率, 到底是 1 还是 1/2, 因为有学生鉴于第 1 处的错误就会想到那  $mm$  的雄配子会死一半, 所以自交产生  $mm$  的概率应该是  $1 \times 1/2$ , 这里就需要理解  $mm$  是个纯合子, 无论是雌配子还是雄配子都只有  $m$ , 就算  $mm$  的雄配子死了只剩 1 个  $m$ , 那么  $mm$  自交产生  $mm$  的概率还是 100%, 并且自然状态下雄配子数量本来就不等于雌配子数量, 这二者之间的数量关系与受精产生后代基因型概率无关。

【例 2】果蝇长翅和残翅为由一对等位基因控制的相对性状, 现将纯种长翅果蝇与残翅果蝇杂交,  $F_1$  均为长翅, 然后  $F_1$  个体间自由交配产生  $F_2$ 。经过不同的处理后, 子代结果错误的是 ( )

- A. 让  $F_2$  中所有果蝇进行自由交配, 则  $F_3$  中长翅果蝇与残翅果蝇的比例是 3 : 1
- B. 让  $F_2$  中基因型相同的果蝇个体交配, 则  $F_3$  中长翅果蝇与残翅果蝇的比例是 8 : 5
- C. 将  $F_2$  中所有残翅果蝇除去, 让长翅果蝇自由交配, 产生  $F_3$ , 则  $F_3$  中长翅与残翅果蝇的比例是 8 : 1
- D. 将  $F_2$  中所有残翅果蝇除去, 让基因型相同的长翅果蝇进行交配, 则  $F_3$  中长翅果蝇与残翅果蝇的比例是 5 : 1

【解析】此题考察的是连续自由交配和连续自交的计算, 根据题干描述,  $F_1$  基因型为  $Aa$ ,  $F_2$  基因型比例有:  $AA:Aa:aa=1:2:1$ , A 答案让  $F_2$  连续自由交配算  $F_3$  表型比, C 答案让  $F_2$  淘汰  $aa$  基因型个体, 连续自由交配算  $F_3$  表型比; B 答案让  $F_2$  各基因型个体自交, 算  $F_3$  表型比, D 答案让  $F_2$  淘汰  $aa$  基因型个体, 各基因型个体自交, 算  $F_3$  表型比; 计算原理草稿如图 2,

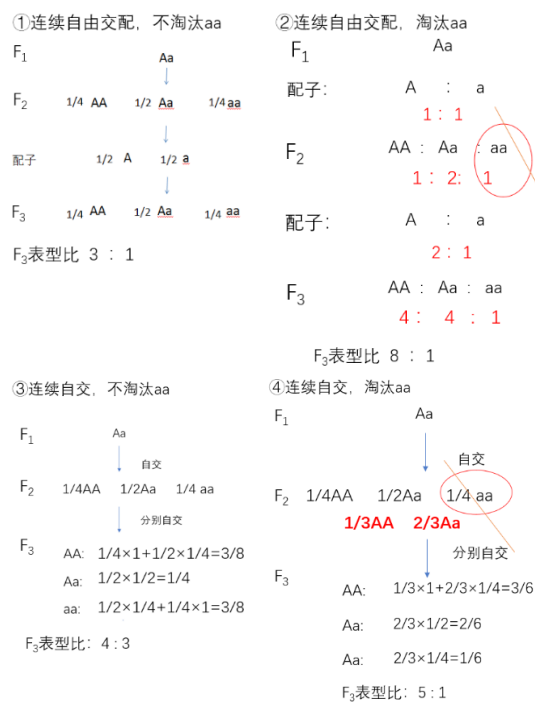


图 2 四种交配方式的计算过程图

【例 3】在某植物 (2n) 的群体中, 基因型为 DD、Dd、dd 的植株的比例为 5: 2: 3, 含有基因 D 的卵细胞有 1/3 不育。随机传粉后, F<sub>1</sub> 中基因型为 Dd 的植株所占比例是 ( )

- A. 1/4 B. 1/2 C. 1/3 D. 1/6

【解析】根据题干可知是随机交配, 因为每一种基因型个体既可以自交又可以和其他基因型个体杂交, 因此采用配子法解, 将所给三种基因型视作一个整体, 分析该群体中的雌配子种类和雄配子种类, 分析及解题过程如图 3 所示。

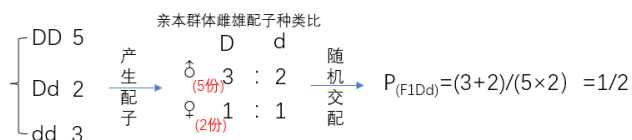


图 3 解题过程图解

## 2.2 解法归纳与教材内容联系分析

在分离定律的相关计算题中, 考法无外乎以上三种, 核心都在对配子法的理解和运用, 原理是遗传规律发生在有性生殖的配子形成过程中, 受精时雌雄配子随机结合产生不同基因型的个体后代, 考点主要来自于孟德尔一对相对性状的豌豆杂交实验中对性状分离比 3:1 的解释, 需要掌握性状分离比 3:1 出现的条件, 分析如图 4,

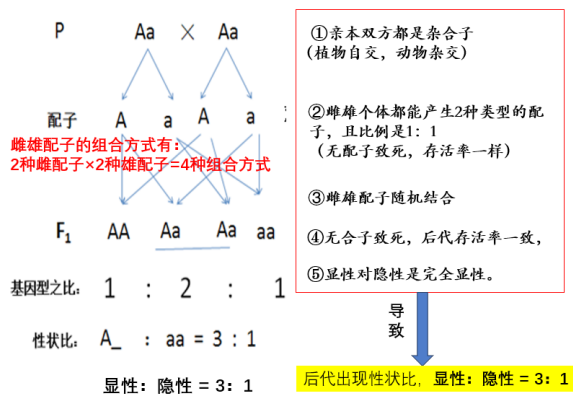


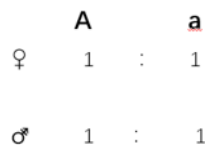
图 4 Aa 自交出现性状分离比 3:1 的条件

上述例题 1 的考察就主要体现了这一知识点的理解运用, 且其中蕴藏了配子法的理解运用, 配子法是指通过分析父本和母本各自所产生的配子种类及其比例, 再根据受精时雌雄配子随机结合的原理, 将两组比例相乘, 计算后代不同基因型之间的比值, 由此也可以得出后代表型比, 如图 5, 配子法是贯穿所有遗传规律计算题解题的方法, 必须掌握, 在上述三个例题中都有体现。

在此特意分享笔者自己的配子法解题方法, 如图 5 所示, 相当于只用分子去计算解答, 分母就是比例和, 这样在回答问题时相当快捷准确, 但在计算连续自交的题目中时, 则必须带上分母, 用分数计算, 因为是自交, 不是自由交配,

计算过程如图 2 中所示。

假设: 亲本双方都产生 2 种配子, 且无致死, 存活率一致, 雌雄个体的两类配子各自比例均为 1: 1



则计算子代基因型及其比例为:

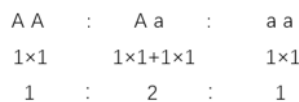


图 5 配子法使用图

## 3 关于自由组合定律的计算题

### 3.1 例题展示与解析

【例 1】某雌雄同株植物的宽叶和窄叶是一对相对性状, 由两对独立遗传的等位基因控制, 且两对基因均存在显性纯合致死。两株宽叶植株杂交, F<sub>1</sub> 表型及比例为宽叶: 窄叶 = 8:1。不考虑交叉互换和基因突变。下列叙述错误的是 ( )

- A. 控制宽叶和窄叶的两对等位基因位于非同源染色体上
- B. F<sub>1</sub> 中宽叶植株的基因型有 4 种, 其中杂合子占 3/4
- C. F<sub>1</sub> 随机交配产生的 F<sub>2</sub> 中, 宽叶: 窄叶 = 3:1
- D. F<sub>1</sub> 自交产生的 F<sub>2</sub> 中, 宽叶: 窄叶 = 16:9

【解析】由题意可判断两株杂交的宽叶植株基因型应该是 AaBb, 我们假设独立遗传, 可写出计算过程如图 6 所示, 由此可判断 A 答案正确, B 答案错误, C 答案分析 F<sub>1</sub> 随机交配后的表型比, 需要用配子法, 但是用两对自由组合产生的配子分析太麻烦还易出错, 根据独立遗传的两对分离时互不干扰, 故采用用拆分法 + 配子法来分析, 如图 6,

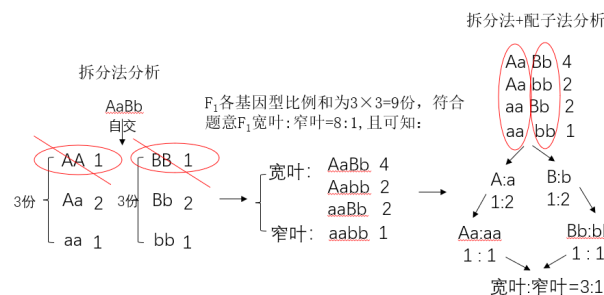


图 6 拆分法和配子法在自由组合定律计算题中的联合运用

【例 2】某植物子叶的黄色 (Y) 对绿色 (y) 为显性, 圆粒种子 (R) 对皱粒种子 (r) 为显性。某人用该植物黄色圆粒和绿色圆粒作亲本进行杂交, 发现后代 (F<sub>1</sub>) 出现 4 种类型, 其比例分别为: 黄色圆粒: 绿色圆粒: 黄色皱粒: 绿色皱粒 = 3: 3: 1: 1。去掉花瓣, 让 F<sub>1</sub> 中黄色圆粒植株随

机授粉, F<sub>2</sub> 的性状分离比是 ( )

- A.15: 5: 3: 1 B.25: 5: 5: 1 C.24: 8: 3: 1 D.9: 3: 3: 1

【解析】据题意先分析亲本基因型, 再判断 F<sub>1</sub> 中黄色圆粒植株基因型及比例, 随机授粉用配子法, 因为有两对等位基因独立遗传, 所以采用拆分法+配子法联合分析, 如图7。

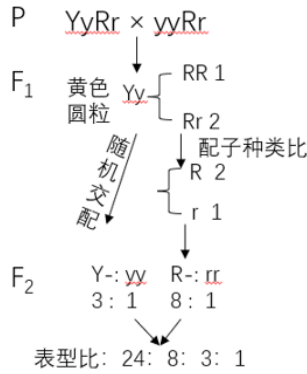


图7 拆分法+配子法联合分析草图

### 3.2 解法归纳与教材内容联系分析

通过上述两个例题的展示分析, 不难发现自由组合定律的相关计算推理题是建立在分离定律的理解运用基础上进行的, 笔者主要想在此分享自己解题时的方法技巧, 但核心仍然是抓住两对或多对等位基因独立遗传, 分离时互不干扰的本质规律, 才可以在解题计算或分析时大胆使用拆分法, 由于多对等位基因的配子法较为复杂易错, 所以可以先用拆分法再对采用配子法, 联合分析解题, 如上两个例题分析所示, 较为准确便捷。

### 4 综合分析 with 教学启示

综上所述, 通过上述分别对分离定律和自由组合定律

的例题展示解析, 不难发现考题的核心点仍然不离教材对两个定律发现过程的分析解释, 并且配子法的运用贯穿始终, 配子法的思维构建主要在一开始对分离定律的推导过程和测交证明过程中, 因此在学习分离定律时, 必须让学生理解有性生殖的两个基本环节, 一个是配子形成, 一个是受精, 而遗传规律的发生主要就在配子形成阶段, 根据分离定律产生不同的配子, 是配子的多样性造成了后代基因型的多样性, 受精是雌雄配子的随机结合, 这一点对应的数学处理就是乘法的使用 [1]。自由组合定律则是建立在分离定律的基础上使用的, 它和分离定律同时发生在配子形成时, 根据遗传规律学会分析不同基因型个体产生的配子种类及比例, 计算时往往由于多对等位基因的配子种类复杂, 分析使用不易错, 所以可以根据独立遗传的特点, 采用拆分法+配子法的联合分析方式进行解题, 一线教师在新授课过程中, 可以适当在讲解完课本上两个定律的推导和理解后, 便可适当分析典型例题, 从而加强深化学生对遗传规律本质和有性生殖特点的理解 [2]。在解题时, 笔者在本文中展示了自己的分析解答习惯, 往往有习惯用分子比例不带分母分析计算的习惯, 认为此做法相对简洁不易错, 只有在自交时才会带上分母用分数分析计算, 这些数学处理思维经验都是在遗传学学习过程中通过锻炼体会总结出来的, 在此愿和广大一线教师分享, 不失抛砖引玉之意 [3]。

### 参考文献

- [1] 罗张忠.关于高中生物遗传规律题解题技巧的探究[J].教育:文摘,2016(4):00136-00136.
- [2] 梁林凤.高中生物遗传题的解题方法探究[J].理科考试研究, 2016, 23(9).
- [3] 张玉明.人教版高中生物教材“先讲遗传定律后讲减数分裂”的价值分析[J].教学与管理, 2012(22).