



对《生物·必修2·遗传与进化》模块中几个问题的看法

安徽省蒙城第一中学(233500) 王龙群

摘要 分析了人教版《生物·必修2·遗传与进化》模块中几个在中学阶段存在争议的问题,希望为今后的相关教学提供参考和借鉴。

关键词 性状分离;遗传物质;等位基因;新性状;解旋酶

文章编号 1005-2259(2020)12-0051-03

《生物·必修2·遗传与进化》是高中生物学非常重要的一个模块,在培养学生的科学思维方面有着不可替代的作用。但有一些问题,困扰着很多师生。例如,高茎豌豆和矮茎豌豆杂交,后代出现了高茎豌豆和矮茎豌豆,该现象是不是性状分离?艾弗里的肺炎双球菌转化的实验和赫尔希、蔡斯的噬菌体侵染细菌实验,哪个实验在证明DNA是遗传物质上更有说服力?二倍体生物染色体(这里不考虑Y或W染色体的非同源区,下同)上的某个基因突变,但由于密码子的简并性未导致其编码的蛋白质发生改变,这样的基因突变有没有产生新的等位基因?二倍体生物染色体上的基因突变可否产生新性状?转录是否需要解旋酶?下面笔者就这几个问题展开分析并提出自己的看法,供同行参考。

1 何为性状分离?

孟德尔用纯种高茎豌豆和纯种矮茎豌豆杂交, F_1 全为高茎豌豆, F_1 自交产生的 F_2 中出现高茎豌豆和矮茎豌豆。在这种背景下,教材给出性状分离的定义:在杂种后代中,同时出现显性性状和隐性性状的现象^[1]。那么,如果用杂种 F_1 高茎豌豆和矮茎豌豆杂交,后代出现了高茎豌豆和矮茎豌豆,该现象是否属于性状分离?这在中学阶段引起很

大的争议,认为“否”的理由:出现性状分离的亲本中父本和母本必须是相同的表现型;认为“是”的理由:性状分离是等位基因分离所致,测交后代之所以出现高茎豌豆和矮茎豌豆是因为 F_1 高茎豌豆产生配子时,控制高茎的基因和控制矮茎的基因发生了分离。还有人认为定义中的亲本“杂种”没讲清楚,不清楚是指一个亲本是杂种,还是指两个亲本都是杂种?

如果基因位于常染色体上,两杂合亲本杂交,子代会出现性状分离;如果基因位于X染色体上,则不需要两个亲本都为杂合。例如,红眼雄果蝇和杂合红眼雌果蝇杂交,子代会出现红眼和白眼性状的分离,亲本的红眼雄果蝇可以认为是纯种,因为就红眼基因和白眼基因这对等位基因来看,它的体细胞中只有红眼基因。因此,性状分离的定义中亲本“杂种”可以指一个亲本是杂种,也可以指两个亲本都是杂种,定义是没有问题的。

的确,性状分离是等位基因分离所致,这是从微观分子水平来看问题的。笔者认为,对于一对相对性状来说,不管其是由几对等位基因控制的,只要具有相同表现型的两亲本杂交,子代中只要出现了不同于亲本的表现型都属于性状分离,因为性状分离这个概念是从个体水平的表现型角度来考虑

作者简介:王龙群(1978—),男,大学本科学历,中学高级教师,E-mail:wlq1659@163.com



的,而不是从分子水平的等位基因分离角度考虑的。因此,孟德尔测交实验中 F_1 高茎豌豆和矮茎豌豆杂交,后代出现高茎豌豆和矮茎豌豆的现象不属于性状分离。

2 哪个实验在证明 DNA 是遗传物质上更有说服力?

人教版《生物·必修2·遗传与进化》在介绍赫尔希、蔡斯的噬菌体侵染细菌实验前提道:“艾弗里提取的 DNA,纯度最高时还有 0.02% 的蛋白质”和“赫尔希、蔡斯完成了另一个更有说服力的实验”。这是编者考虑学生的理解而设计的上下文逻辑关系,但没有完全还原科学史的真相。按照科学史,笔者认为,在证明 DNA 是遗传物质上,艾弗里的实验比赫尔希、蔡斯的实验更有说服力,理由如下。

艾弗里的实验既有加法原理的实验,也有科学史上的减法原理的实验。加法原理的实验就是高中生物学教材中介绍的:把 S 型细菌中的物质进行了分离、提纯和鉴定,然后将提纯的 DNA、蛋白质、多糖等物质分别加入培养 R 型细菌的培养基中。结果发现,只有在加入 DNA 的培养基中,R 型细菌才能转化为 S 型细菌,且 DNA 纯度越高,转化效率就越高。当时,物质提纯是非常困难的,艾弗里不能得到纯的 DNA,提取的 DNA 总是含有少量蛋白质,这些少量的蛋白质可能造成转化现象。尽管教材还提道艾弗里用 DNA 酶处理了提取的 DNA(含少量蛋白质),结果不能转化,这不能证明没有蛋白质不能转化。事实上,20 世纪 40 年代艾弗里做了减法原理的实验。在实验中,艾弗里将高纯度 S 型细菌的 DNA(含少量蛋白质)分别用以下的酶处理:DNA 酶,降解 DNA;RNA 酶,降解 RNA;蛋白酶,降解蛋白质。然后将酶处理后的物质分别加入培养 R 型细菌的培养基中,结果发现,只有 DNA 酶处理的那一组影响了转化,且转化活性完全消失^[2]。由此可见,没有 DNA 是不能转化的,但没有蛋白质是可以转化的,所以能使 R 型细菌转化为 S 型细菌的物质既不是单独的蛋白质,也不是 DNA 和蛋白质复合物,而是单独的 DNA。

1952 年,赫尔希、蔡斯用 ^{35}S 标记的 T_2 噬菌体

和 ^{32}P 标记的 T_2 噬菌体分别侵染大肠杆菌,然后离心、检测放射性。结果发现,前者的上清液放射性高,沉淀物放射性低,子代噬菌体无放射性;后者的上清液放射性低,沉淀物放射性高,子代噬菌体有放射性。因此,他们认为 DNA 进入了大肠杆菌细胞,而蛋白质外壳留在大肠杆菌的细胞外,子代噬菌体的性状是通过 DNA 遗传的,DNA 是遗传物质。事实上,赫尔希、蔡斯的实验有一个缺陷:有一部分 ^{35}S (蛋白质)随同 DNA 一起进入了大肠杆菌细胞,也可以说是这些噬菌体蛋白的小片段包含遗传信息^[2]。后来,科学家用纯的 T_2 噬菌体 DNA 感染大肠杆菌,产生了正常的子代噬菌体,从而证明了这种病毒的遗传物质是 DNA。

3 基因突变但编码的蛋白质未变,是否产生了等位基因?

二倍体生物染色体上的某基因发生了 1 对碱基对的替换,但由于密码子的简并性而未导致所编码蛋白质的改变(当然性状也没有改变),按照基因突变的定义,该基因发生了突变,那么突变后的基因是该基因的等位基因吗?

高中生物学教材对等位基因的定义为:控制相对性状的基因,如控制豌豆高茎的 D 和控制豌豆矮茎的 d 就是一对等位基因。那 D 和 D 或 d 和 d 是什么基因?很多教辅资料将其叫作相同基因。笔者不认同该观点,因为在很多遗传学教材中都找不到“相同基因”这个术语。事实上,等位基因中的“等位”是相同座位的意思,等位基因就是同源染色体相同座位上的基因。因此,笔者认为同源染色体相同座位上的基因无论是否相同,都叫等位基因,即 D 和 d、D 和 D、d 和 d 都是等位基因。那高中生物学教材为什么定义等位基因为控制相对性状的基因呢?笔者认为编者这是为了考虑学生的接受能力,让学生更好地理解杂合子自交发生性状分离的原因是等位基因的分离。

二倍体生物染色体上的一基因发生突变但编码的蛋白质没变,在这里可用 H 表示突变前的基因, H_1 表示突变后的基因。基因突变并没有改变基因的座位,也就是 H_1 和 H 位于同源染色体的相



同座位上,那 H_1 和 H 就应该是等位基因。因此,二倍体生物染色体上的一基因发生了突变,虽然编码的蛋白质没变,但突变后基因仍是突变前基因的等位基因。

4 基因突变可否产生新性状?

孟德尔在研究豌豆的性状遗传时,把豌豆的株高、种子形状、子叶颜色等这些性状称为单位性状。通常所说的同一性状是指同一单位性状。有人认为,二倍体生物染色体上某一基因突变引起变化的性状与突变前的性状为相对性状,是同一性状,所以基因突变并不产生新性状。表面上看挺有道理,但其实并非如此。下面以黑腹果蝇(简称果蝇)为例来说明。

野生型果蝇都表现为红眼,摩尔根偶尔发现了一只白眼雄果蝇,并进行了一系列的果蝇杂交实验,最后证明了白眼基因位于 X 染色体上,为奠定染色体遗传理论作出了重大贡献。从摩尔根的果蝇杂交实验可以看出,最初那只白眼雄果蝇的产生是由基因突变所致,可以设想,如果没有发生突变产生白眼雄果蝇,所有的果蝇都是野生型红眼,无论怎么杂交,后代都是野生型红眼,那么把果蝇的眼色看作同一性状来进行研究就没有意义。再则,果蝇的眼色不是一个基因控制的,遗传学研究发现果蝇的 II 号染色体上也有一个控制果蝇眼色的基因,该基因隐性突变的基因控制果蝇的紫眼^[3]。这样一来,野生型红眼和白眼是同一性状,还是和紫眼是同一性状呢?其实都是可以的,如果研究白眼基因的遗传,可以把野生型红眼和白眼看作是同一性状;如果研究紫眼基因的遗传,可以把野生型红眼和紫眼看作是同一性状。因此,果蝇发生基因突变产生了新的性状,如白眼或紫眼等,才出现了相对性状,才有同一性状,否则,全部为野生型,同一性状的说法是没有意义的。所以基因突变是可以产生新性状的。

5 转录是否需要解旋酶?

人教版《生物·必修2·遗传与进化》模块讲述细胞内的 DNA 复制时需要解旋酶解开 DNA 双螺旋的两条链,而在讲述细胞内的 DNA 转录时,只

是介绍了 DNA 双链需要解开,碱基得以暴露,RNA 分子才能形成,但没有说明此时的 DNA 双链解开是否需要解旋酶。有人认为,转录需要解开 DNA 双链,当然需要解旋酶了;还有人通过查阅资料得出 RNA 聚合酶除了有聚合功能外,还有解旋功能,认为转录时解开 DNA 双链的是 RNA 聚合酶,不需要解旋酶。

原核生物的 RNA 聚合酶会沿 DNA 链的 $3' \rightarrow 5'$ 方向移动,边移动边打开 DNA 双链,并按模板链的核苷酸顺序使一个个核苷酸在 $3'-OH$ 端连接^[4]。也就是说原核生物的 RNA 聚合酶具有聚合兼解旋功能,所以原核生物细胞中的 DNA 转录时不需要解旋酶。真核生物的 RNA 聚合酶有 3 类,分别为 RNA 聚合酶 I、RNA 聚合酶 II 和 RNA 聚合酶 III。mRNA 是由 RNA 聚合酶 II 的产物经过加工形成的, RNA 聚合酶 II 在催化 DNA 转录时往往不是单独发挥作用的,而是多种转录因子参与其中,但转录因子不是 RNA 聚合酶 II 的组成部分,而是反式作用因子,即参与调控基因转录的蛋白质。真核生物细胞中的 DNA 进行转录时, RNA 聚合酶 II 不具有解旋功能,而是转录因子 TF II F 和 TF II H 帮助其解旋,因为转录因子 TF II F 和 TF II H 有 DNA 解旋酶的活性^[5],这里可以认为转录因子 TF II F 和 TF II H 为解旋酶。因此,原核生物细胞中 DNA 转录时不需要解旋酶,而真核生物细胞中 DNA 转录时需要解旋酶。

参考文献

- [1] 朱正威,赵占良.普通高中课程标准实验教科书:生物:必修2分子与细胞[M].北京:人民教育出版社,2017:4.
- [2] 斯纳司塔德,西蒙斯.遗传学原理[M].赵寿元,乔守怡,译.北京:高等教育出版社,2011:199-201.
- [3] 摩尔根.基因论[M].卢惠霖,译.北京:北京大学出版社,2007:15.
- [4] 郑集,陈钧辉.普通生物化学[M].北京:高等教育出版社,2007:555.
- [5] 张丽萍,杨建雄.生物化学简明教程[M].北京:高等教育出版社,2014:375. ▲