

---

# 谈遗传学教学中遗传分析理念的建立

---

周宜君, 高飞, 韦善君, 戴景峰, 沈光涛

中央民族大学生命与环境科学学院, 北京, 100081

**摘要:** 遗传学是生物科学类专业的一门必修课, 具有实验性、逻辑性、综合性强等特征。根据遗传学学科的特点, 在多年的遗传学教学实践中, 我们将培养学生树立遗传分析的理念贯穿于遗传学教学中, 旨在通过这种教学方式培养学生的逻辑思维能力, 收到了较好的教学效果。

**关键词:** 遗传学; 遗传分析; 理念

遗传学作为一门学科自 1900 年诞生至今仅 110 年。但是, 遗传学从它诞生的第一天起, 就以实验性、逻辑性、综合性强而展现出强大的生命力和帮助人们认识世界、改造世界的能力。特别是进入 21 世纪以来, 遗传学已经成为现代生命科学的研发重点, 在高等学校生物科学类专业教学中, 遗传学是核心课程之一。以中央民族大学为例, 在现行的培养方案中, 遗传学作为生物科学和生物技术专业的必修课, 在大学三年级开设, 理论课与实验课各为 54 学时。由于三年级学生已经学习了植物学、动物学、微生物学、生物化学、细胞生物学、生物统计学等专业课程, 而且高中生物学教学中也有一些遗传学教学内容, 因此如何在遗传学教学中充分利用学生已有的专业基础, 又体现遗传学的自身特色是我们在教学中一直思考的问题。近年来, 根据专业培养需要和少数民族学生的特点, 以培养学生能力、提高综合素质为目标, 学习与借鉴其他高校相关教学经验, 我们将培养学生树立遗传分析的理念贯穿于遗传学教学实践过程中, 收到了较好的教学效果。

## 1 遗传学教学中建立遗传分析理念的必要性

以基因为主线的遗传学是研究生物遗传变异的科学, 其研究对象包括非细胞生物、原核生物和真核生物, 其研究水平包括分子水平、细胞水平、个体水平和群体水平, 其研究方法除生物学方法外, 还包括数学方法、物理学方法和化学方法等。由于遗传学涉及领域广、内容多、进展快, 尤其是学科交叉和数理性强等特征, 学生在学习、理解和掌握内容方面存在一定的困难, 许多学生认为遗传学课程很难, 往往是即使学习了基本知识和原理, 但在遇到问题解析时不知从何入手。近年来, 许多从事遗传学教学的教师开展了遗传学教学改革, 对教学目标<sup>[1]</sup>、教学方法<sup>[2,3]</sup>、教学设计<sup>[4]</sup>、教学中难点和疑点内容分析<sup>[5]</sup>等问题都有阐述, 其主旨在于提高遗传学的教学效果。

在遗传学教学中, 我们深深体会到, 与其他生物学课程不同, 遗传学反映了遗传物质

---

**基金项目:** 北京市实验示范中心建设项目 (2007)、北京市优秀教学团队建设项目 (2008)

**作者简介:** 周宜君, 女, 教授, 研究方向: 植物遗传学。Tel: 010-68932922, E-mail: queenzhou@263.net

在世代间的传递特点，并由于引入了数理统计，使它不再是一种描述性课程，而是一门具有逻辑性、演绎推理性的课程，既可以通过结果推断原因，也可以从原因出发推测发生的结果，而这正是遗传学所特有的遗传分析问题。如果我们在教学中始终将遗传分析理念贯彻于始终，不仅可以帮助学生把握遗传学自身的核心和特色，掌握知识的内涵，有助于培养学生理解问题和理性的思维能力，而且有助于培养学生的创新意识，这正是现代高等教育对人才培养的要求。所以根据遗传学学科自身的特点，在遗传学教学中建立遗传分析理念是十分必要的，也是切实可行的。

## 2 遗传学教学中建立遗传分析理念的实践

### 2.1 遗传基本定律中遗传分析理念的建立

遗传基本定律是经典遗传学的核心内容之一，也是高中生物学内容之一。为了使学生具有完整的遗传知识体系，又利用已有的遗传学基础，在遗传学教学中，我们采用归纳总结的方式引导学生建立遗传分析的理念。首先通过设立3个关键词（即条件、结果和实质）引导学生对分离规律、自由组合规律和连锁交换规律加以区分（见表6-1）。在此基础上加强对每一个遗传规律所引申的问题进行遗传分析理念建立的引导。

表 6-1 遗传基本定律的关系

遗传基本定律	条 件	结 果	实 质
分离规律	一对等位基因决定一对相对性状	杂合体自交，后代表型呈比例。完全显性时，3:1；不完全显性时，1:2:1	减数分裂形成配子时，由于同源染色体联会和分离，导致等位基因分离，配子只包括同源染色体的一条，即只含有等位基因中的一个
自由组合规律	两对或两对以上等位基因分别决定两对或两对以上相对性状，且基因位于不同的染色体上	杂合体自交，后代表型呈比例。如果两对等位基因决定的性状为完全显性，则表型比为9:3:3:1	减数分裂形成配子时，由于同源染色体联会和分离，导致等位基因分离、非等位基因自由组合
连锁交换规律	两对或两对以上等位基因分别决定两对或两对以上相对性状，且基因位于同一条染色体上	杂合体自交，后代亲组合数量远大于重组组合数量	杂合体在形成配子时，非姊妹染色单体间发生交换，使非等位基因间重新组合。发生交换的频率与两基因在染色体上的距离有关

三大规律都有能够引申思考、引导学生进行遗传分析的知识点。如分离规律中我们提示学生，一对等位基因杂交可能的组合有6种，由于等位基因间的显隐性不同，使所获得的表型和基因型分离比不同，这一原理不仅可以由获得的杂交实验结果来推断等位基因间的显隐性关系、亲本的基因组合特征，也可以根据已知等位基因间的显隐性关系、亲本的基因组合类型推测杂交实验结果。与自由组合规律相关的非等位基因间互作的遗传分析，则涉及决定某一相对性状的两对或两对以上等位基因位于不同的染色体上，由于非等位基因间互动方式不同，产生了不同的表型比例，但都是有规律可循的。如两对非等位基因间互动，产生的各种表型比例都是9:3:3:1的变形，如12:3:1（显性上位），9:3:4（隐性上位）9:6:1（半上位）等。对于给出的杂交实验结果，可以依据相关原理推测是否为非等位基因间的互动？何种互动方式？亲本的基因型如何？也可以从给定的基因组

合, 根据非等位基因间的互作方式推测杂交实验结果。因此, 当理解遗传学原理后, 遗传学研究的问题不是对结果的简单描述, 而是能够进行演绎推测, 这也是医学遗传学中可以进行遗传咨询的原因所在。

## 2.2 染色体作图中的遗传分析理念的建立

染色体作图即遗传学图, 包含两个含义: 其一, 确定两个或两个以上基因是否位于同一条染色体上; 其二, 确定各基因在染色体上的相对距离。染色体作图是经典遗传学中的主要内容, 也是遗传学教学中的难点。由于不同生物体遗传物质存在状态和繁殖方式不同, 进行染色体作图的方式和遗传分析的方法也不尽相同。为此我们从生物体遗传物质存在的特点出发, 依据染色体作图的内涵, 理清思路, 引导学生建立遗传分析的理念。

### 2.2.1 真核生物的遗传分析

对以二倍体为主要存在形式的生物体通常利用三个连锁基因进行测交实验(三点测交)。三基因杂合体进行测交, 其表型比和配子分离比相同, 可根据表型推测减数分裂过程中基因的重组与分离情况。因而根据所获得的 8 种表型的数量, 确定亲组合、重组组合 I、重组组合 II 和双交换, 推出 3 个基因在染色体上的排列次序, 进而计算出交换值  $R_f$  (即图距) 和并发系数, 这种遗传分析是从杂交获得的结果出发进行的。遗传分析也可以从已知的遗传图距出发推测杂交后代的表型和比例。此外还可以根据杂交获得的结果, 通过计算交换值来判断两基因是否连锁等。

在被称为子囊菌的真菌中, 每一个减数分裂细胞形成的四分子(子囊孢子)包含在一个子囊中。对于子囊孢子的分析就是对减数分裂产物的分析, 因此, 与二倍体生物的遗传分析不同, 不需要进行三点测交。在真菌的遗传分析中, 将着丝粒作为一个位点, 确定某一个基因与着丝粒间的距离(即着丝粒作图)。着丝粒作图的关键是确认第二次减数分裂分离的子囊数(即 M II)。两对基因的四分子分析的关键是对子囊类型的正确划分: 亲二型(PD)、非亲二型(NPD)和四型(T), 进行四分子分析可以确定两对基因之间是否连锁, 如果是连锁关系, 则再确定两基因在染色体上的相对距离。

### 2.2.2 原核生物的遗传分析

属于原核生物的细菌, 其遗传物质为一条裸露的环状 DNA 分子, 进行染色体作图仅涉及基因在染色体上的排列次序问题。由于细菌的杂交包括接合、转化和转导等方式, 因此进行染色体作图的方式也不同。如中断接合, 以不同标记基因进入受体的时间作为这些基因距离的函数。因为细菌的基因重组只涉及部分遗传物质的转移, 形成部分二倍体, 只有偶数交换才能产生重组子, 而且在选择培养基上只出现一种重组子, 所以在进行染色体作图时, 必须根据亲本的性状正确选择亲组合和重组组合, 这是进行细菌遗传分析的关键。

### 2.2.3 原核生物和非细胞型生物的遗传分析

属于非细胞型生物的噬菌体, 必须借助于宿主完成其繁衍后代的任务, 噬菌体的重组需要在宿主体内完成, 并且通过复感染才能实现。噬菌体的遗传分析主要分析复感染之后所形成的噬菌斑特点, 分析的方式与二倍体生物中两对连锁基因的杂交组合的分析相似。

### 2.3 染色体畸变的遗传分析理念的建立

染色体畸变包括结构畸变和数目畸变。各种畸变类型产生不同的细胞学效应和遗传学效应。只有正确理解畸变发生的机理和在减数分裂过程中畸变对配子形成的影响,才能进行正确的遗传分析。例如果蝇无眼是由果蝇第IV染色体隐性基因(*ey*)所致。如果基因型为++*ey*三体的雄蝇与基因型为*eyey*的二体无眼雌蝇杂交,则后代的期望基因型和表型比的遗传分析过程可以从三体形成的配子类型入手。

由于三体中同源染色体配对和分离的特有方式,使基因型为++*ey*三体的雄蝇能够产生4种类型的精子,比例为1(++):2(+*ey*):2(+):1(*ey*),这4种精子与雌蝇产生的卵子(*ey*)融合,则后代基因型为1(++*ey*):2(+*eyey*):2(+*ey*):1(*eyey*),表型比为5野生型:1无眼。

### 2.4 基因组遗传中的遗传分析理念的建立

基因组学是近年来随着基因组计划的发展而逐步建立起来的一门新兴学科,基因组的结构特征、遗传标记等内容进入现代遗传学的教学内容中。其中利用遗传标记进行基因诊断、判别遗传性状的遗传方式、绘制DNA限制酶图谱等都需要基于实验原理对实验结果进行遗传分析,给出正确的推断。例如给出谱系及其RFLP标记结果,解释性状的遗传方式及其RFLP与该性状的关系(见图6-4)。

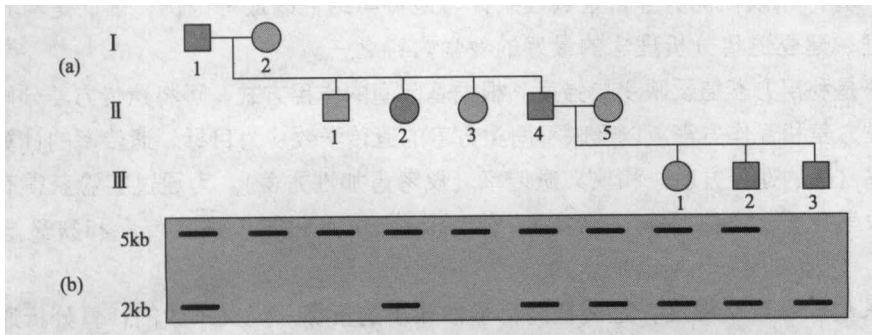


图 6-4 某一谱系的某一遗传性状的遗传方式和 RFLP 结果

(a) 谱系; (b) 凝胶电泳图

对谱系进行遗传分析可以看出,该遗传性状的遗传方式为常染色体显性遗传;结合对RFLP凝胶电泳图谱分析可以看出,来自于I-1个体的致病基因位于2kb片段上。尽管II-5个体也具有2kb片段,但她是外来者并不带有此致病基因。这种遗传分析不仅可以确定性状的遗传方式,也可以判断致病基因的具体位置。

### 2.5 基因精细结构的遗传分析理念的建立

对基因精细结构的遗传分析,使人们对于基因概念的理解得到升华,顺反子是基因的作用单位。当获得大量的突变型时,应用互补试验能够确定具有同一表型效应的两个突变型是否属于同一顺反子内的两个突变位点。若两个突变位点只有顺式排列时才能互补,则为属于同一顺反子的两个突变位点;若两个突变位点无论顺式或反式排列都可以互补,则为属于不同顺反子的两个突变位点。依据本原理,可以对实验数据进行遗传分析,确定某基因区中所包含的顺反子的数量。例如,表6-2为噬菌体T4某特定基因区不同突变型的

互补试验所得到的数据。

表 6-2 噬菌体 T4 不同突变型的互补试验

突变型	1	2	3	4	5	6
1	—	+	—	+	—	—
2	+	—	+	—	+	+
3	—	+	—	+	—	—
4	+	—	+	—	+	+
5	—	+	—	+	—	—
6	—	+	—	+	—	—

这里共涉及 6 个突变型的互补试验。从表 6-2 第一列和第一行可以看出, 1 和 2、4 可以互补, 与 3、5、6 不能互补, 说明 1 和 2、4 属于不同顺反子, 1 和 3、5、6 可能属于同一顺反子。顺次继续分析可以推知, 实验中的 6 个突变型应分属于 2 个不同的顺反子, 1、3、5、6 属于同一顺反子, 2、4 属于另一个顺反子。

## 2.6 数量性状中的遗传分析理念的建立

数量性状遗传中包括数量性状遗传分析的统计学基础、遗传率的计算、近亲繁殖(近交系数的计算)和杂种优势等, 是数理统计与遗传学结合的最好范例, 因此是培养学生进行逻辑推理、建立遗传分析理念的最好的教学内容之一。

遗传率是利用方差值反映变异强度。根据基因间的作用方式, 可将遗传方差分解为显性方差、加性方差和互作方差。以反映不同类方差的遗传学效应为目标, 遗传率的计算也分为广义遗传率(总的遗传方差)和狭义遗传率(仅考虑加性方差)。为通过实验获得有效的数据, 结合数学分析, 分别采用了杂交和回交实验, 从而获得广义遗传率和狭义遗传率的数值。

近交系数表示近交程度, 是测量同合子性程度的指标。近交系数的计算分析通常利用谱系, 在谱系中找出近交子裔和共同祖先, 追寻基因从共同祖先到近交子裔的传递过程。无论是采用直接计算传递基因的概率, 还是采用通径计算公式, 其核心都是对基因在谱系中传递过程进行正确的遗传分析。

## 2.7 反向遗传学中遗传分析理念的建立

随着分子生物学技术的应用, 人们可以实现对基因的改造, 其中通过基因敲除等技术了解基因的作用, 这种建立在根据人们意愿改变基因从而改变遗传表型方法与经典遗传学从表型追寻突变基因的方式有别, 因而出现了反向遗传学和正向遗传学。对于反向遗传学来说, 它也符合遗传物质改变引起表型改变的遗传规律, 因此可以针对实验所获得的结果进行遗传分析, 进而了解基因的作用。在现代遗传学研究中, 这种遗传分析理念的建立对于培养学生思维能力是十分重要的。

# 3 遗传分析理念建立的成效

与学习其他生物学课程相比, 遗传学相对较难。在遗传学教学实践中, 我们不是交给学生一点知识和一个理论, 而是将遗传分析理念贯穿于始终, 要求学生在掌握和理解基本

知识和基本原理的基础上,将演绎推理运用于遗传学所研究的问题中。此外由于遗传学研究的对象包括了人类在内的所有的生物体,因此通过引入各种案例或事例进行教学,理论联系实际,激发了学生的学习兴趣。

在教学中,我们首先提出一个事实或一个实验结果,然后引导学生根据遗传学原理进行分析推理,调动了学生学习的积极性,通过演绎推理也培养了学生分析问题和解决问题的能力。为配合教学,我们根据多年的遗传学教学实践编著了《遗传学——精要 题解 测试》一书,也将遗传分析理念贯穿于其中<sup>[6]</sup>,作为学生补充学习的资料。每当一章结束,我们都会留一些问题让学生思考,学生不仅积极思考回答,并主动与教师交流,形成了良好的学习氛围,遗传学课程成了学生喜欢的课程。在学校组织的教学评价中,学生给予任课教师很高的评价,在对遗传学教学的主观评价中,学生这样描述:“老师能充分调动大家的积极性与思维,上课打瞌睡的状态消除了!”,“老师的上课激发了同学的求知欲”,“老师的上课很有水平,教学的方法很好,学生容易理解和运用”。一些学生在报考研究生的时候选取了与遗传学考试相关的专业,并且取得了很好的成绩。学生的理解与支持是对教师最好的奖赏,并促进教师不断改进教学,真正实现了教学相长。

---

### 参考文献

- [1] 余诞年. 遗传学的发展与遗传学教学改革倡议. 遗传, 2000, 22 (6): 413-415.
- [2] 张建龙, 潘伟槐. 遗传学教学中的学习策略和教学策略探讨. 遗传, 2002, 24 (6): 687-689.
- [3] 陈宗礼. 启发式教学在遗传学教学中的应用. 延安大学学报(自然科学版), 2008, 27 (1): 76-80.
- [4] 顾蔚, 张敏. 优化遗传学教学设计的实践与探讨. 遗传, 2004, 26 (6): 934-940.
- [5] 刘进平, 郑成木, 庄南生. 大学遗传学教学中几个难点、疑点内容分析. 华南热带农业大学学报, 2003, 9 (2): 39-41.
- [6] 张根发, 周宜君. 遗传学 精要·题解·测试. 北京: 化学工业出版社, 2006.