

# 案例教学在林学专业遗传学教学中的应用

王钦美<sup>1</sup>, 崔建国<sup>1</sup>, 于长志<sup>2</sup>, 张智<sup>1</sup>, 吴月亮<sup>1</sup>, 张丽杰<sup>1</sup>, 林梅<sup>1</sup>

1. 沈阳农业大学林学院林木遗传育种教研室, 沈阳 110866;

2. 沈阳农业大学高等教育研究所, 沈阳 110866

**摘要:** 遗传学是林学专业本科生普遍反映最难学习的必修课程之一, 传统的讲授式教学很难满足遗传学教学的需求。根据林学专业的理论特点和实际需求, 结合近几年的教学和科研经验, 选取了“开棺验亲”、“黑果枸杞茎刺”、“哈利·波特与魔法力”等一系列典型的案例应用于林学专业的遗传学教学。实践证明针对遗传学的案例教学能培养学生的学习能力和创造力、激发学生学习兴趣和学习的主动性, 同时也培养了学生良好的个性品质并在一定程度上增强知识学习的系统性。

**关键词:** 遗传学; 案例教学; 植物组织培养; 哈利·波特; 科研案例

## Application of case teaching in genetics courses to students majoring in forestry

Qin-Mei Wang<sup>1</sup>, Jianguo Cui<sup>1</sup>, Changzhi Yu<sup>2</sup>, Zhi Zhang<sup>1</sup>, Yueliang Wu<sup>1</sup>, Lijie Zhang<sup>1</sup>, Mei Lin<sup>1</sup>

1. Department of Forest Genetic Breeding, College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

2. Higher Education Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China

**Abstract:** Undergraduate students majoring in forestry generally reflect that genetics is one of the most difficult compulsory courses, because the traditional teaching method is difficult to satisfy their needs. According to the theoretical characteristics of forestry and actual demands of the students, in the light of teaching and research experience in recent years, we adopted a series of typical genetic cases such as ‘opening coffin to identify relatives’, stem-throne of *Lycium ruthenicum* Murr, and magic powers in *Harry Potter*. Our practices revealed that the case teaching in genetics could train good personality traits, learning abilities and creativity of the students, stimulate their interests and initiatives in learning, and increase systematic learning.

**Keywords:** genetics; case teaching; plant tissue culture; Harry Potter; research case

收稿日期: 2017-07-17; 修回日期: 2017-08-31

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31600546)、沈阳农业大学教学研究青年项目(编号: 2016-107)、中国博士后科学基金项目(编号: 2015M571330)和辽宁省教育厅科研基金(编号: L2015487)项目资助[Supported by National Natural Science Foundation of China (No. 31600546), Young Teacher Teaching Program of Shenyang Agricultural University (No. 2016-107), China Postdoctoral Science Foundation (No. 2015M571330) and Scientific Research Fund of Liaoning Provincial Education Department (No. L2015487)]

通讯作者: 王钦美, 博士, 硕士研究生导师, 研究方向: 林木遗传育种。E-mail: wqmw@126.com

DOI: 10.16288/j.ycz.17-237

网络出版时间: 2017/9/18 9:50:10

URI: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1913.R.20170918.0950.001.html>

遗传学作为生命科学的重要分支学科,是国内外各高等院校生物科学、林学、农学等专业的必修课程之一。20 世纪生物科学与技术的迅猛发展加深了人们对遗传变异的本质认识,拓展了遗传学的知识体系<sup>[1]</sup>。遗传学知识点繁多、理论体系复杂、抽象难懂,同时还要求学生应用所掌握的知识解决实践问题,因此是林学学生普遍反映很难学习的课程之一。对于遗传学这种理论与实践相结合的必修课程,要求任课教师必须采用合理而有效的教学方法,否则很难取得良好的教学效果<sup>[2]</sup>。案例教学是根据教学目的和培养要求的目标,教师在教学过程中以案例为基本素材,把学生带入特定的事件情景中进行分析问题和解决问题,培养学生运用理论知识解决实际问题能力的一种情景式教学模式<sup>[3,4]</sup>。国内外高校教学实践证明,案例教学能够提高学生兴趣、培养学生创新思维、提高学生汲取知识、探索知识和应用知识的能力<sup>[5]</sup>。笔者根据林学专业的理论特点和实际需求,结合近几年的教学和科研经验,选取一系列案例应用于林学专业遗传学理论教学。

## 1 案例教学应用于林学专业遗传学理论教学的必要性

林学专业遗传学理论课程抽象且复杂,是学生普遍反映很难学透的课程之一。故要想让学生学好遗传学课程,就必须增强课堂趣味性、激发学生学习兴趣,理论联系实际以加强学生对所学知识的理解。传统讲授式课堂已经不能满足遗传学教学需求。传统讲授式课堂的学生可分为“私聊族”、“低头族”和“听讲族”3 类。前两类学生暂且不说,即便是几乎能完全听懂授课内容的听讲族,知识的转移和应用能力也不理想。他们大多数只是停留在对知识的理解层面,并没有实现知识的真正内化,更不能用学过的遗传学知识去分析和解决实际问题。案例教学是帮助学生将陈述性和程序性知识转化为产生式系统的有效方法<sup>[4]</sup>。案例教学发挥了沟通现实世界与学习世界的桥梁作用<sup>[6]</sup>,它将学生带入特定的事件情景中进行分析问题和解决问题,培养学生运用理论知识解决实际问题的能力<sup>[3]</sup>。这种教学模式

恰好能解决传统遗传学教学中存在的学生被动学习问题,故选用了一系列案例用于林学专业遗传学教学。为避免案例教学可能导致的弊端,将案例教学与传统讲授式教学相结合,在讲授相关知识之前或之后,添加案例教学环节。

## 2 案例的选择

林学是一门以森林和林木为主要研究对象的综合性应用学科,因为林木通常具备生长周期长、种子休眠期长和子代性状分离显著等特点。所以通过无性繁殖才可能获得高保真林木,无性繁殖方法中的组织培养(组培)技术可以实现“给我一个优良细胞,还您一片优质森林”的目的,可见组培对于林业行业具备更加重要的意义。最新学术研究为组培注入新内涵,比如 *WUS* 基因表达调控、组培植株生理年龄、表观遗传变异以及离体选择等<sup>[7~10]</sup>。稍作分析便会发现,组培涵盖了细胞有丝分裂、中心法则、多因一效和一因多效等遗传学理论,是遗传与发育的特殊实例,是真核生物基因表达与调控的典型实例,体细胞无性系变异涉及染色体变异和基因突变等。可见组培贯穿了遗传学大部分章节的理论。按照代表性、先进性和启发性的原则,选取一系列组培相关案例应用于林学专业遗传学教学(图 1)。这一系列案例的选用不仅符合林业行业的特点,而且可为后续的“林木育种学”及“林木生物技术”等课程的开展奠定更加坚实的基础。遗传学除了要求学生掌握教材知识,还要求学生了解遗传学发展的最新成就和前沿发展动态,关注学科研究中的热点问题。所以笔者结合自己的学术研究方向,选用了体现学科发展和研究热点的科研案例和开放性案例(图 1)。这类案例的采用既能巩固教材知识,又能拓宽学生知识面和学术视野。例如,黑果枸杞(黑杞)茎刺案例的采用既能强化“环境影响发育”的课本知识,又能使学生了解茎刺是有些沙漠树种的诱导防御结构。此外,林学专业本科生中有很多“哈利·波特”迷,多数学生熟知该作品中人物魔法力。作品中魔法力的遗传符合分离定律,且有基因突变等特殊情况存在<sup>[11]</sup>,故选择了兼具趣味性和启发性的哈利·波特案例。拐卖儿童一直受到社会的广泛关注,

被拐儿童已逝父母指纹图谱的建立得益于 PCR 技术的高度灵敏性, 因此, 开棺验亲案例被选用。

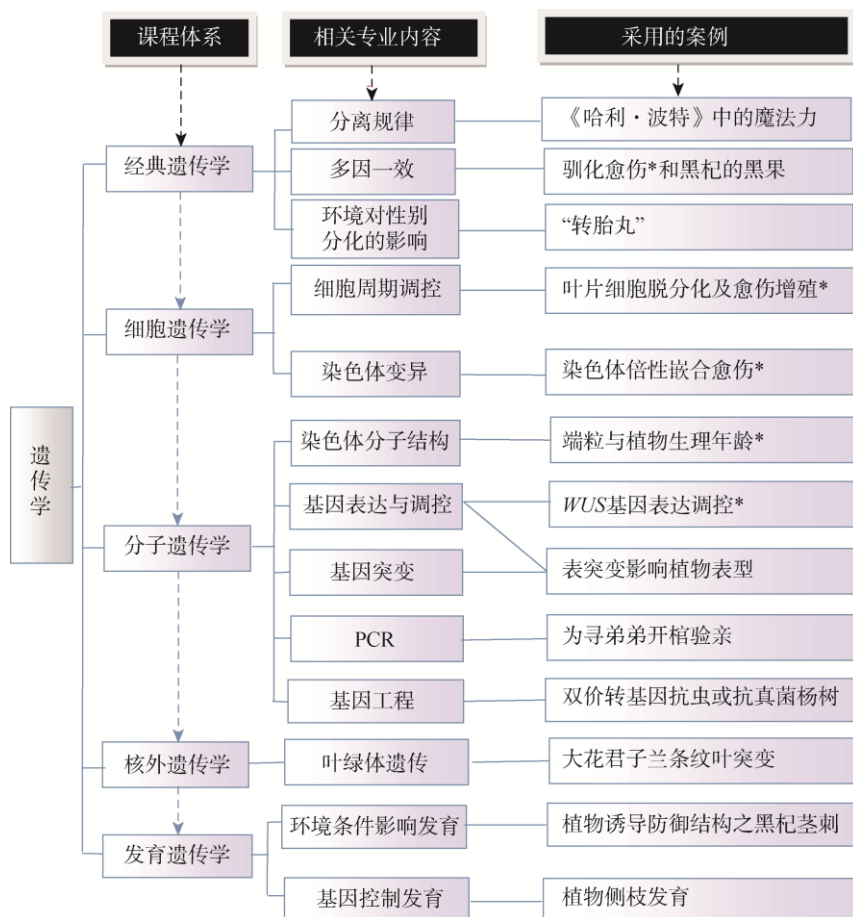


图 1 案例教学在林学专业遗传学理论教学中的应用框架

Fig. 1 The outline of utilizing case teaching in genetics theoretical teaching for forestry specialty

\*指示与组培相关案例。

### 3 案例教学的组织

本校林学专业遗传学课程于大三下学期开设(理论 38 学时, 实验 10 学时), 将学生按照前 5 个学期的学习成绩和活跃程度进行综合评分, 按照综合评分由高到低将学生分为 A、B、C 三类, 分别抽取 A 类 1 名、B 类 2 名和 C 类 1 名为一组, 学生分组采用男女搭配 ABBC 原则。案例教学的组织采用讨论式或者辩论式, 讨论式的操作流程: 教师尽可能生动地展示案例材料→学生自行查阅资料并以小组为单位进行讨论→班级交流(小组陈述引发的师生交流和生生交流)→教师总结升华; 辩论式的操作流程: 教师尽可能生动地展示案例材料→学生自行查阅资料并以小组为单位进行讨论→学生分组辩论→

教师总结升华。

### 4 案例教学的应用

#### 4.1 经典遗传学相关案例

红遍全球的魔幻文学作品《哈利·波特》, 可谓家喻户晓。在魔幻世界里同样隐藏着遗传学知识<sup>[11,12]</sup>。在讲授完孟德尔分离规律一节内容后, 将配以简短视频资料的案例展示给学生。小说中有魔法师(有魔力的男巫或女巫)、麻瓜(无魔力)和“哑炮”(不能施展魔法的巫师后裔)。魔法师可以是两位魔法师婚配的后代、两位麻瓜婚配的后代或者魔法师和麻瓜婚配的后代。简单向学生介绍哈利及其父母和外公外婆的魔法情况, 赫敏及其父母和姐姐的魔法情况。引出问题: 为什么麻瓜与麻瓜婚配能产生有魔力的

后代?如果小说中的人物和正常人类一样均为二倍体,且魔法力为单基因控制性状,推测魔法力是显性性状还是隐性性状?控制魔法性状的基因位于常染色体还是性染色体?推测写出哈利、哈利外公、外婆和父母的基因型,写出赫敏、赫敏父母及姐姐的基因型,试论述哑炮是怎样形成的。本案例旨在培养学生用分离规律分析实际问题的能力。虽然2005年*Nature*杂志就已经发表了题为“哈利·波特和隐性等位基因”的文章<sup>[11]</sup>。但是本案例来自魔幻小说,并非真实事件。所以在应用的时候一定要强调魔法力为隐性性状的前提条件是假设魔法受单基因控制。也有报道认为魔法力应该被看做数量性状<sup>[12]</sup>,因为不能简单地将人物分为有魔力和无魔力两类,魔法能力也高低不同。故魔法力应该是多基因控制的数量性状。但是数量性状假说也不能完全解释小说中的所有魔法遗传现象。教师全面客观的总结与点播不仅避免学生掌握片面知识,而且锻炼学生严谨思维能力。如果教学时间充裕,可以在性别决定章节采用“转胎丸”案例,在讲完多因一效时采用“黑杞成熟果实的黑色由多基因控制<sup>[13]</sup>”和“拟南芥愈伤组织的驯化(habituatation)表型受多基因影响<sup>[14]</sup>”两个科研案例。

## 4.2 细胞遗传学相关案例

在讲述细胞周期调控时,应用大花君子兰或者黑杞叶片外植体细胞脱分化及愈伤增殖案例<sup>[15,16]</sup>。该案例的应用可以让学生通过分析来逐步领悟细胞周期是可以调控的以及细胞周期具体怎样调控。分化完全的枸杞叶肉细胞,在创伤、适当种类和浓度的植物生长调节剂(PGR)、MS培养基、光照和温度等条件的影响下,可以重新脱分化进入细胞周期并产生愈伤组织;一旦培养基的营养、水分或者PGR缺乏或不足,愈伤细胞的分裂又会终止。在讲染色体变异一章时,采用陆地棉和梗稻愈伤组织染色体倍性嵌合突变作为案例,在讲课最初把案例展示给学生,引导学生发现虽然精确的细胞分裂是遗传规律的细胞学基础,但是随着遗传学研究的对象越来越多,偏离规律的异常现象日益增多,染色体变异就是异常现象当中的典型一类。

## 4.3 分子遗传学相关案例

### 4.3.1 端粒案例

由于教材篇幅或出版时间的限制,遗传学教材在讲真核生物染色体时,写到端粒(端体)是真核生物染色体末端存在的特殊结构<sup>[17]</sup>,端粒核苷酸每复制一次减少50~100 bp<sup>[18]</sup>。以上主要是针对人类或动物细胞研究得出的结论,针对植物材料的研究结果要复杂得多<sup>[19]</sup>。为提高课堂教学趣味性,在讲授这部分内容时,补充一些有趣的研究结果。例如,吸烟和肥胖等能够显著加快端粒缩短进程,这也说明了为什么吸烟和肥胖人群看上去会比同龄人老一些。经历过面部粉刺问题的女性平均端粒长度略长于没有该问题的女性端粒平均长度,这提示我们前者的皮肤可能更不易衰老<sup>[20]</sup>。为了培养学生应用遗传学知识解决实际问题能力,选取2014年发表的“人参年限与端粒长度相关数学模型”作为案例<sup>[21]</sup>。基于此模型,仅需少量样品即可进行人参年限的可靠鉴别,以识破市场上“以幼充老”的造假手段。学生查阅分析完案例材料之后,提出了很多颇有见地的问题。例如,为什么人参端粒长度随年限的延长而增长?而不是像动物一样缩短?这是否与人参具备抗衰老的特性有关?利用端粒长度是否可以鉴定各种植物材料的年龄?其他植物的端粒长度呈一个怎样的变化趋势?有没有固定的规律可寻?此外,如果教学时间充裕,笔者还会专设一项开放性案例,以辩论的形式开展教学。开放性案例可以选择如下辩题:如果植物的年龄确实与端粒长度有关,那么无性繁殖植株的年龄是偏大还是偏小?嫁接复幼老树的端粒长度是否也会恢复到幼龄时的状态?这类启发性开放案例的应用,不但激发了学生探索未知的欲望,而且能培养学生的科研创新能力,为今后从事科研打下一定基础。

### 4.3.2 真核生物基因调控案例

在讲真核生物基因调控时,可选用“MYB10基因启动子区的异质甲基化导致成熟富士苹果的绿红条纹<sup>[22]</sup>”或“油棕Mantle表型很可能是由转座子去甲基化引起<sup>[23]</sup>”的案例。课堂上先将同学们见过并尝过的成熟富士苹果图片展示给学生。说明富士苹果的红

绿条纹不同于树木的“跳枝”现象,“跳枝”由体细胞嵌合突变引起,整个苹果的基因型却是均一的。均一的基因型为何会产生嵌合的表型呢?教师引出问题后,采用讨论式案例教学方法。油棕案例的使用方法同上。这两个案例均要反应 DNA 甲基化修饰影响真核生物核基因的表达这一中心内容。也可以选用 2017 年 *Plant Cell* 杂志发表的 *WUS* 两步激活模型作为案例<sup>[7]</sup>: 首先,富含细胞分裂素的环境促使愈伤组织 *WUS* 基因位点的抑制性组蛋白标记——H3K27me3 以细胞周期依赖的方式移除;其次,细胞分裂素信号通路的转录激活子 ARR1、ARR2、ARR10 和 ARR12,通过结合转录因子 HD-ZIP III 来局部激活 *WUS* 基因的表达。表达 *WUS* 基因的愈伤区会形成不定芽原基,最终形成不定芽。*WUS* 基因表达调控涉及表观遗传修饰(DNA 水平的调控)、转录因子和启动子(转录水平的调控)等因素,是真核基因表达调控的典型实例。此外,在讲基因突变一章时,可以延伸“表突变使柳穿鱼草花由两侧对称变为辐射对称<sup>[24]</sup>”或“表突变抑制西红柿果实成熟<sup>[25]</sup>”两个案例,采用这类案例是为拓宽学生视野,让学生了解除了传统的碱基序列突变,在碱基序列没有发生突变情况下的“表突变”也可以影响表型,且这种影响也可以通过有性繁殖传递下去。

#### 4.3.3 开棺验亲

PCR 是体外快速扩增 DNA 的方法,最大特点是灵敏度高,能将微量的 DNA 大幅扩增到被仪器检测到的程度。形象的视频动画能较地向学生展示 PCR 灵敏度高这一特点。但是为了提升学生的知识转移和应用能力,还要要求学生进一步掌握 PCR 技术究竟灵敏到什么程度,如何应用 PCR 技术的这一特点来解决现实问题。故在课堂引入了时下社会关注度很高的拐卖儿童相关案例——开棺验亲。案例大概内容是,弟弟两岁被拐,父母寻亲两年未果,绝望自杀。为寻弟弟,姐姐在父母去世下葬 23 年后,开棺提取父母 DNA,并最终替父母圆了寻子之梦。课上要将整个故事生动完整地展示给学生,学生为此真实事件唏嘘之时,教师补充问题:下葬 23 年之久的牙齿以及股骨头上的细胞大部分已经死亡,

DNA 严重降解,父母的 DNA 指纹数据能建立吗?怎样建立?学生疑惑之时,教师继续问 DNA 亲子鉴定的一般流程是什么?学生自行查找得知 DNA 亲子鉴定的前两步为 DNA 提取和 PCR 扩增,通过小组讨论分析很容易得知验亲之所以成功得益于 PCR 技术的灵敏性。此处也可以采用时事刑侦案例。

#### 4.3.4 双价转基因杨树

在讲授完基因工程一节内容后,采用转基因双价抗真菌杨树为案例<sup>[26]</sup>。该案例向学生展示了目的基因克隆、双元表达载体构建、农杆菌介导遗传转化、双价转基因、转化子的筛选、转基因植株的分子鉴定和抗真菌能力检测是怎样进行的,同时展示了 PCR、工具酶、载体、受体等在基因工程的具体应用。正可谓将基因工程一节讲述的核心内容以应用的形式串联起来,能达到化难为易、使抽象问题具体化、琐碎知识整合化的教学效果。也可以采用双价转基因抗虫杨树案例<sup>[27]</sup>。这两个案例同样适合森保专业本科遗传学教学。

#### 4.4 核外遗传学相关案例

彩叶君子兰(彩兰)是大花君子兰的条纹叶突变类型,有全黄叶、全绿叶和黄绿条纹叶 3 种表型。条纹叶表型深受养兰人青睐,但遗传不遵循孟德尔遗传规律。彩叶性状的遗传同紫茉莉的花斑叶表型相似,呈母系遗传<sup>[28]</sup>。讲授完叶绿体遗传一节内容后,向学生说明以彩兰为母本,野生型为父本杂交可以出现条纹、全黄和全绿 3 种表型子代。各种类型出现频率随机,条纹叶黄化程度也随机。反交几乎不出现任何条纹和全黄子代,只出现全绿植株,但偶尔也会出现少量条纹植株。引导学生分组讨论条纹叶表型形成的原因,如果是基因突变导致,那么是核基因还是细胞质基因突变导致,如何解释反交能出现少量的条纹叶子代。本案例的采用不但可以锻炼学生进行核外遗传分析的能力,而且可以使学生充分认识到高等植物的叶绿体基因不是绝对的母系遗传,还有双亲遗传和父系遗传类型存在。由于某一物种不同杂交组合产生叶绿体单亲合子的概率可能从 0~100% 不等,所以质体单亲遗传最好被看作数量性状<sup>[29]</sup>。

## 4.5 发育遗传学相关案例

### 4.5.1 黑杞茎刺

在讲授完环境条件影响发育时,笔者结合自己国家自然科学基金项目的研究结果,采用黑杞茎刺作为教学案例。土壤干旱胁迫能够促进沙漠先锋树种黑杞茎刺的形成。证明黑杞茎刺属于植物诱导防御系统。在水肥充足条件下,黑杞的腋芽可能处于休眠状态或者发育成侧枝;在干旱的恶劣条件下,黑杞腋芽则发育为坚硬锐利的茎刺<sup>[30]</sup>。可见环境条件决定了黑杞腋芽的发育方向。为了使更直观地体味到环境影响发育的神奇效果,将遗传组成完全相同的黑杞有刺植株和无刺植株带到教室让学生观察。

### 4.5.2 植物侧枝发育

在讲授完环境条件和基因影响发育等内容之后,采用植物侧枝发育案例。将去顶芽、糖供应、生长素、细胞分裂素、独脚金内酯、赤霉素、油菜素内酯等植物激素和一些关键基因影响侧枝发育的总结材料下发<sup>[31~37]</sup>。为了保证案例的趣味性,可将独脚金内酯的发现和过程以及糖供应影响侧枝发育启动的最新研究成果具体展示给学生。让学生通过查阅材料和讨论来主动发现影响侧枝发育的因素有哪些?这些因素之间有什么关系?哪些因素更核心?哪些基因参与调控侧枝发育?哪些基因的高表达促进侧枝发育?哪些基因的高表达抑制侧枝发育?如何培育一种少侧枝毛白杨?

## 5 案例教学的实际效果

我们在 2012 年的遗传学教学中,已经开始尝试采用案例教学。经过两年的探索期后,现在案例教学得到了充分利用。鉴于教学案例要讲求时效性,本教学团队预计继续建立针对林学专业本科生的遗传学教学案例库。实践证明案例教学不但大大提升了教师各方面素质能力,而且培养了学生学习能力和创造力、激发学习兴趣、增强学习的主动性、培养学生良好个性品质并能在一定程度上增强知识学习的系统性。

## 5.1 培养学生学习能力和创造力

案例教学是注重学生能力培养的教学模式。辩论式开放案例的采用,要求学生课下自主收集资料来分析探索问题,并梳理整合已有的和新学习的知识,形成自己独有的观点体系。这一系列活动无疑培养了学生的学习能力,使学生学会怎样学习。另外,开放性案例目前尚无唯一正确答案,所以学生均可从自己独特的思维角度提出对问题的看法。这不但大大提升了学生学习的自我价值感,而且培养训练了学生的创造性思维。案例教学将传统讲授式课堂的“师生单向交流”变为“师生多向立体交流”。在共同目标驱使下的多元观点的师生多向立体交流,引发了学生的高级思维活动,进而使学生的思维能力得到锻炼和发展。此外,统计发现遗传学案例教学不仅大大提升了学生参加“挑战杯”和“大学生创新创业项目”的比例,而且使获奖等级和项目层次显著提高。

## 5.2 激发学生学习兴趣和增强学习的主动性

无论是学生喜闻乐见的哈利·波特案例,还是社会关注度极高的开棺验亲案例,或是黑杞茎刺案例,均展现了活生生的现实情境。与既成的教材理论相比,生动的现实情境更易触发学生的好奇心和探索欲望。在好奇和兴趣的驱使下,多数学生的学习主动性大大提升。此外,在案例教学过程中,学生通常会在“师生多向立体交流”的过程中顿悟。顿悟的积极体验,能将教师的外在奖励变为学生自行解决问题所固有的内在奖励。内在奖励的积极效应促成了学生主动学习的良性循环。部分学生也反映应该在遗传学课堂上继续增加案例。

## 5.3 培养学生良好的个性品质

收集资料等自主学习过程,不但锻炼了学生意志力等非智力因素,而且有助于学生形成独立人格。在讨论环节难免碰见意见相左的情况,学生在处理分歧的过程中,沟通、表达、协调能力和包容度自然得到提升。以小组为单位的工作也锻炼了学生的团队合作意识。意志力、包容心以及团队合作意识等良好的个性品质,提升了学生的社会适应性。

## 5.4 增强学生学习知识的系统性

一般认为案例教学可能导致学生知识学习不系统<sup>[38]</sup>。但是笔者采用的案例教学恰恰可以增强知识学习的系统性。例如, 双价转基因杨树案例是集目的基因克隆、载体构建和农杆菌介导的遗传转化等理论于一体的应用案例; 植物侧枝发育案例是整合环境、糖信号、激素和基因等影响侧枝发育因素的综合案例。以上两个案例还涉及基因调控等更多的遗传学知识。这类案例将教材上人为割裂的知识串联整合, 便于学生系统整体掌握所学知识。

## 6 问题与讨论

在教学学时等因素的限制下, 案例的采用“宜精不宜泛”。典型、直观、形象和贴近生活的案例是教学首选。例如, “富士苹果案例”明显优于“Mantle 案例”。在课程之初设置案例可以尽快抓住学生的注意力, 但是要注意问题导向, 避免学生思维过度发散。此外, 在应用“植物侧枝发育”等复杂案例的时候, 循序渐进地设置问题非常重要。笔者认为几乎任何案例的使用都要配以适当的问题以进行合理的思维导向。当然在具体操作时也可设置半开放式的问题。例如, 让学生阅读分析完材料之后, 写出“对分课堂”式的“亮考帮”<sup>[39]</sup>。亮: 列出自己感受最深、受益最大、最欣赏的内容; 考: 列出自己弄懂了, 但是觉得别人可能存在困惑的地方; 帮: 列出自己不懂的问题。开放性案例的采用对教师提出更高要求, 教师课前必须充分查找、阅读并领会相关材料, 同时也对教师的课堂掌控力和处理突发事件能力等方面提出了更高要求。总之, 教师课前认真准备和完整规划是确保案例教学顺利进行的前提。此外, 为确保多数学生认真参与案例教学, 教师可以课上点名提问不认真参与讨论的同学, 定期检查批阅学生的课堂和课下笔记, 并将检查结果计入最终成绩。

## 参考文献(References):

- [1] Wu Y, Lu D, Lin J, Qiao S. Utilizing and effect analysis of case-based teaching in genetics course. *Biol Teach Univ (Electr Ed)*, 2013, 3(2): 25–28.  
吴燕华, 卢大儒, 林娟, 乔守怡. 案例式教学在遗传学课堂中的运用与效果分析. 高校生物学教学研究: 电子版, 2013, 3(2): 25–28.
- [2] Pi Y, Li XY, Huai C, Wang SM, Qiao SY, Lu DR. Exploration on human blood type case in teaching practice of genetics. *Hereditas (Beijing)*, 2013, 35(8): 1040–1044.  
皮妍, 李晓莹, 怀聪, 王诗铭, 乔守怡, 卢大儒. 以人类血型为遗传学案例教学的思考与实践. 遗传, 2013, 35(8): 1040–1044.
- [3] 李华, 孙祝美. 案例分析在不同层次学生单基因遗传病教学中应用效果分析. 基础医学教育, 2015, 17(6): 487–489.
- [4] 徐延宇. 案例教学及其运用[学位论文]. 长沙: 湖南师范大学, 2002.
- [5] 徐吉臣. 科研案例在遗传学教学中的应用. 高等院校遗传学教学改革探索, 2010.
- [6] 郭忠兴. 案例教学过程优化研究. 中国大学教学, 2010(1): 59–61.
- [7] Zhang TQ, Lian H, Zhou CM, Xua L, Jiao Y, Wang JW. A two-step model for de novo activation of WUSCHEL during plant shoot regeneration. *Plant Cell*, 2017, 29(5): 1073–1087.
- [8] Aronen T, Rynänen L. Silver birch telomeres shorten in tissue culture. *Tree Genet Genom*, 2014, 10(1): 67–74.
- [9] Paszkowski J. Epigenetics: The karma of oil palms. *Nature*, 2015, 525(7570): 466–467.
- [10] Wang QM, Wang L. An evolutionary view of plant tissue culture: somaclonal variation and selection. *Plant Cell Rep*, 2012, 31(9): 1535–1547.
- [11] Craig JM, Dow R, Aitken MA. Harry Potter and the recessive allele. *Nature*, 2005, 436(7052): 776.
- [12] Ramagopalan SV, Knight JC, Ebers GC, Knight JC. Origins of magic: review of genetic and epigenetic effects. *BMJ*, 2007, 335(7633): 1299–1301.
- [13] Zeng SH, Wu M, Zou CY, Liu XM, Shen XF, Hayward A, Liu CZ, Wang Y. Comparative analysis of anthocyanin biosynthesis during fruit development in two *Lycium* species. *Physiol Plant*, 2014, 150(4): 505–516.
- [14] Pischke MS, Huttlin EL, Hegeman AD, Sussman MR. A transcriptome-based characterization of habituation in plant tissue culture. *Plant Physiol*, 2006, 140(4): 1255.
- [15] Wang QM, Wang YZ, Sun LL, Gao FZ, Sun W, He J, Gao X, Wang L. Direct and indirect organogenesis of *Clivia miniata* and assessment of DNA methylation changes in various regenerated plantlets. *Plant Cell Rep*, 2012, 31(7): 1283–1296.
- [16] 王钦美, 周永斌, 崔建国, 吴月亮, 张丽杰, 张群, 迟峻莱. 以幼种苗作为外植体供体的黑果枸杞离体快速繁殖方法: 中国专利, 201610206401.1. 2016–08–03.
- [17] Zhu J. Genetics. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press,

- 2002: 42  
朱军. 遗传学. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2002: 42.
- [18] 张志毅. 林木遗传学基础. 北京: 中国林业出版社, 2012: 17.
- [19] Wang Q-M, Zhang Z-H, Cui J-G. The physiological age of asexual plants—thinking arise from telomere length. *Forest Research*, 2017, 30(5): 866-870.  
王钦美, 张志宏, 崔建国. 无性繁殖植株的生理年龄——由端粒长度引发的思考, 林业科学研究, 2017, 30(5): 866-870.
- [20] Ribero S, Sanna M, Visconti A, Aviv A, Glass D, Spector TD, Smith C, Simpson M, Barker J, Mangino M, Falchi M, Bataille V. Acne and telomere length. A new spectrum between senescence and apoptosis pathways. *J Inv Dermatol*, 2016, 137(2): 513-515.
- [21] Liang JB, Chao J, Peng HS, Shi QH, Guo X, Yuan Y, Huang LQ. Analysis of the age of *Panax ginseng* based on telomere length and telomerase activity. *Sci Rep*, 2015, 5(1): 7985.
- [22] Telias A, Lin-Wang K, Stevenson DE, Cooney JM, Hellens RP, Allan AC, Hoover EE, Bradeen JM. Apple skin patterning is associated with differential expression of *MYB10*. *BMC Plant Biol*, 2011, 11: 93.
- [23] Ong-Abdullah M, Ordway JM, Nan J, Ooi SE, Kok SY, Sarpan N, Azimi N, Hashim AT, Ishak Z, Rosli SK, Malike FA, Bakar NAA, Marjuni M, Abdullah N, Yaakub Z, Amiruddin MD, Nookiah R, Singh R, Low ETL, Chan KL, Azizi N, Smith SW, Bacher B, Budiman MA, Van Brunt A, Wischmeyer C, Beil M, Hogan M, Lakey N, Lim CC, Arulando X, Wong CK, Choo CN, Wong WC, Kwan YY, Alwee SSRS, Sambanthamurthi R, Martienssen RA. Loss of *Karma* transposon methylation underlies the mantled somaclonal variant of oil palm. *Nature*, 2015, 525(7570): 533.
- [24] Cubas P, Vincent C, Coen E. An epigenetic mutation responsible for natural variation in floral symmetry. *Nature*, 1999, 401(6749): 157-161.
- [25] Manning K, Tör M, Poole M, Hong YG, Thompson AJ, King GJ, Giovannoni JJ, Seymour GB. A naturally occurring epigenetic mutation in a gene encoding an SBP-box transcription factor inhibits tomato fruit ripening. *Nat Genet*, 2006, 38(8): 948-952.
- [26] Huang Y, Liu H, Jia ZC, Fang Q, Luo KM. Combined expression of antimicrobial genes (*Bbchit1* and *LJAMP2*) in transgenic poplar enhances resistance to fungal pathogens. *Tree Physiol*, 2012, 32(10): 1313-1320.
- [27] 田颖川, 郑均宝, 虞红梅, 梁海永, 李常青, 王进茂. 转双抗虫基因杂种 741 毛白杨的研究. 植物学报, 2000, 42(3): 263-268.
- [28] Wang QM, Wang L, Zhou YB, Cui JG, Wang YZ, Zhao CM. Leaf patterning of *Clivia miniata* var. *variegata* is associated with differential DNA methylation. *Plant Cell Rep*, 2016, 35(1): 167-184.
- [29] Wang QM, Zhang ZH. Research progress of plant plasmodesmata. *J Shenyang Agric Univ*, 2015, 46(5): 513-520.  
王钦美, 张志宏. 植物质体基因组研究进展. 沈阳农业大学学报, 2015, 46(5): 513-520.
- [30] 王钦美, 张志宏, 张桐欣, 刘俞帆, 吴月亮, 朱明, 周永斌. 一种培育无刺黑果枸杞的方法: 中国专利, 20171-0307900.4
- [31] Mason MG, Ross JJ, Babst BA, Wienclaw BN, Beveridge CA. Sugar demand, not auxin, is the initial regulator of apical dominance. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2014, 111(16): 6092-6097.
- [32] Domagalska MA, Ottoline L. Signal integration in the control of shoot branching. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 2011, 12(4): 211-221.
- [33] Umehara M, Hanada A, Yoshida S, Akiyama A, Arite T, Takeda-Kamiya N, Magome H, Kamiya Y, Shirasu K, Yoneyama K, Kyoizuka J, Yamaguchi S. Inhibition of shoot branching by new terpenoid plant hormones. *Nature*, 2008, 455(7210): 195-200.
- [34] Ni J, Gao CC, Chen MS, Pan BZ, Ye KQ, Xu ZF. Gibberellin promotes shoot branching in the perennial woody plant *Jatropha curcas*. *Plant Cell Physiol*, 2015, 56(8): 1655-1666.
- [35] Rameau C, Bertheloot J, Leduc N, Andrieu B, Foucher F, Sakr S. Multiple pathways regulate shoot branching. *Front Plant Sci*, 2015, 5: 741.
- [36] Gomez-Roldan V, Fermas S, Brewer PB, Puech-Pagès V, Dun EA, Pillot JP, Letisse F, Matusova R, Danoun S, Portais JC, Bouwmeester H, Bécard G, Beveridge CA, Rameau C, Rochange SF. Strigolactone inhibition of shoot branching. *Nature*, 2008, 455(7210): 189-194.
- [37] Yuan CQ, Lin X I, Kou YP, Zhao Y, Zhao LJ. Current perspectives on shoot branching regulation. *Front Architect Res*, 2015, 2(1): 38-52.
- [38] Li X. The application of case teaching method to the teaching of tourism management. *J Yangtze Nor Univ*, 2005, 21(3): 120-122.  
黎霞. 案例教学法在旅游管理专业教学中的运用. 长江师范学院学报, 2005, 21(3): 120-122.
- [39] Zhang JX. PAD Class: a new attempt in university teaching reform. *Fudan Educat Forum*, 2014(5): 5-10.



张学新. 对分课堂: 大学课堂教学改革的新探索. 复旦教育论坛, 2014(5): 5-10.

(责任编辑: 张飞雄)