



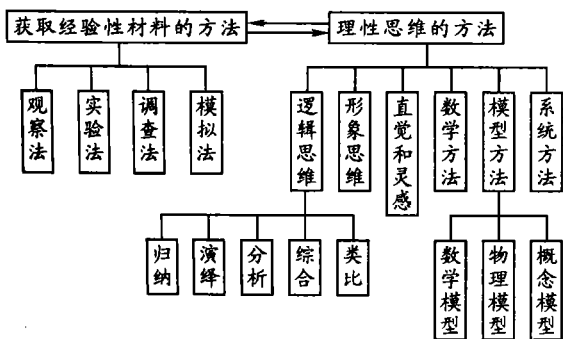
# 人教版高中生物课标教材中的科学方法体系

人民教育出版社/课程教材研究所(100081) 赵占良

新课程十分注重培养学生的科学探究能力。科学探究能力的培养离不开3个要素:知识、方法和过程技能。人教版普通高中生物课程标准实验教科书在着力构建知识体系的同时,也力图构建符合高中生探究能力发展需要的科学方法体系和技能体系。下面对教材中的科学方法体系做一简要的分析。

科学研究的方法大致包括3个层次:第一层次是学科内的特殊方法,如生物学研究中的同位素标记示踪法、分离细胞器的方法、解剖的方法等;第二层次是科学研究的一般方法,这些方法是从物理、化学、生物学等自然科学研究中概括出来的适用于各门自然科学研究的共同方法;第三层次是最具有普遍意义的哲学方法,如唯物辩证法、矛盾分析法等,这些方法适用于自然科学、社会科学和思维科学。

教材中强调的科学方法主要指科学研究的一般方法,因为这些方法对所有学生的发展都具有非常重要的价值。科学研究的一般方法包括获取经验性材料的方法和理性思维的方法两大方面(见下图)。



人教版高中生物新课标教材中的科学方法体系

## 1 获取经验性材料的方法

### 1.1 观察法

观察法是指人们在自然发生的条件下,通过感官或借助于仪器,有目的、有计划地考察研究对象,从而获得有关经验性材料的方法。人教版初中生物学教科书中对观察法已经做过这样的表述:“观察是科学探究的一种基本方法。科学观察可以直接用肉眼,也

可以借助放大镜、显微镜等仪器,或利用照相机、录音机、摄像机等工具,有时还需要测量。科学观察不同于一般的观察,要有明确的目的;观察时要全面、细致和实事求是,并及时记录下来;对于需要较长时间的观察,要有计划,有耐心;观察时要积极思考,多问几个为什么。在观察的基础上,还需要同别人交流看法,进行讨论。热烈的讨论能让你迸发思想的火花。”为避免与初中教材重复,高中教材中未对观察法的内涵和要求做正式表述,而是通过介绍有关科学史内容、安排观察活动等,让学生领悟和运用观察法。

### 1.2 实验法

在科学研究中,经验性材料的获取仅靠观察是不够的,许多情况下还要通过实验。正如生理学家巴甫洛夫所说,观察是收集自然界所提供的东西,而实验则是从自然现象中提取人们所期望的东西。关于实验法,人教版初中生物学教科书中已经做了初步介绍,高中教材中又进一步结合具体实验做了阐述,包括“控制变量”“对比实验”等。下面就人教版高中教材中有关实验法的几个问题做一简要说明。

1.2.1 科学方法论中的实验与中学生物教学中的实验。科学方法论中的实验是指根据一定的研究目的,在人为控制或干预研究对象的条件下进行的观察。它与单纯的观察是不同的。而中学生物教学中的实验,通常是指在实验室利用仪器设备进行的各种探究活动,它既包括科学方法论意义上的实验,也包括单纯观察类的活动,如观察多种多样的细胞、观察细胞的有丝分裂等。

1.2.2 实验组和对照组。实验的目的是探索仅靠观察所看不到的未知。为了探索这样的未知,必须对研究对象进行人为控制或施加某种影响。在对照实验中,经过这样的控制处理的一组事物称为实验组。为了确证实验组的结果是由人为进行的这种处理引起的,需要用同样的研究对象另外设置不做上述处理的一组事物进行观察,那么未做实验处理的一组事物则称为对照组。这里之所以强调“一组”,主要是考虑到平行重复的问题。简单地说,进行了实验处理的事物



是实验组,自然状态(未加处理)的事物称为对照组。在针对具体的实验区分实验组和对照组时,需要清楚实验控制的原理。实验控制的原理不外乎加法原理和减法原理两种:与常态相比,人为增加某种影响因素即加法原理;人为去除某种因素即减法原理。对不少教师来说,运用加法原理设计的实验,在区分实验组和对照组时比较容易;运用减法原理设计的实验,区分实验组和对照组时则常常感到困惑。例如,在“比较过氧化氢酶在不同条件下的分解”实验中,1号试管处于常温环境(不加热),也不加任何催化剂,2号试管加热,3号试管加 $\text{FeCl}_3$ 溶液,4号试管加肝脏研磨液。这显然是运用加法原理进行控制的实验,1号属于对照组,2号、3号、4号属于实验组。又如,德国植物学家萨克斯所做的证明光合作用产生淀粉的实验:对天竺葵进行“饥饿”处理后,让叶片的一半曝光,一半遮光,过一段时间后用碘蒸气检验。叶片在自然状态下总是要见光的,人为地将一半叶片遮盖起来,让光照(实质是光合作用)这一因素处于缺失状态,这实际上运用的就是减法原理,这一组应当属于实验组,曝光的一半叶片则属于对照组。有人认为结论是相反的,原因有二:一是被“饥饿”处理所迷惑;二是认为遮光的一半叶片缺少实验因素。其实,“饥饿”处理只是为了使实验效果容易检测,与实验中的变量控制是无关的;遮光的一半叶片并非缺少实验因素,而是对实验因素进行的一种控制(即去除)。

1.2.3 设置对照的必要性。生物学中的大多数实验需要设置对照。换言之,并非所有的实验都必须设置对照。例如,孟德尔的豌豆杂交实验就未设对照,因为在自然状态下豌豆都是自花授粉的,其后代都是纯种,做杂交实验时当然就没有必要设置对照了。是否设置对照组,关键要分析设置对照的必要性。

1.2.4 单因子实验和多因子实验。教材在介绍“控制变量”时有这样一句话:“在对照实验中,除了要观察的变量外,其他变量都应当始终保持相同。”不少教师对这句话反复强调,甚至推而广之——“所有的生物学实验都要保证自变量只有一个”。其实,这句话只是就单因子实验来说的。对双因子实验或多因子实验来说,这句话就显得过于简单和绝对了。例如,人教版教材《生物选修1·生物技术实践》中的“果胶酶在果汁生产中的作用”这一课题,要求学生将温度和pH作为同时存在的因素,探究果胶酶催化化学反应的最适温度和最适pH。因为果胶酶在不同温度下会有不同的最适pH,在不同pH下也会有不同的最适温度,因此,这就是一个双因子实验,它是由一系列单因子实验所组成的,每一个单因子实验可以看做只有一个自变量的对比实验。

### 1.3 调查法

人教版初中生物学教科书中对调查法已经做过

这样的表述:“调查是科学探究常用的方法之一。我国的森林资源每5年清查一次,这就是调查。人口普查也是调查。调查时首先要明确调查目的和调查对象,制订合理的调查方案。有时因为调查的范围很大,不可能逐个调查,就要选取一部分调查对象作为样本。调查过程中要如实记录。对调查的结果要进行整理和分析,有时要用数学方法进行统计。”学生在初中阶段对随机取样、确定样本大小、设计记录数据的表格、计算平均值等调查方法已经有所体验,在高中仍需要进一步练习,如“用样方法调查草地中某种双子叶植物的种群密度”“土壤中小动物类群丰富度的研究”“调查当地农田生态系统中的能量流动情况”等。

### 1.4 模拟法

在科学研究中,有时不能对研究对象直接进行控制或干预性的操作,需要设计和构想出研究对象的替代物,通过对替代物的实验来获取经验性材料,这种方法称为模拟法。例如,必修1教材中“细胞大小与物质运输的关系”实验,必修2教材中“性状分离比的模拟实验”,必修3教材中“生物体维持pH稳定的机制”实验等,所采用的都是模拟法。

## 2 理性思维的方法

### 2.1 逻辑思维

科学重视证据和逻辑。上面所述4种方法主要是用于获取证据的,下面对逻辑思维的方法做一简要说明。

2.1.1 归纳和演绎。归纳和演绎是一对思维方向相反的推理形式和思维方法。归纳是从特殊事实中概括出一般原理或规律的推理形式和思维方法;演绎是从一般到特殊,根据一类事物都有的一般属性、关系、本质来推断这类事物中的个别事物所具有的属性、关系和本质的推理形式和思维方法。细胞学说的提出,显然是运用了归纳推理;孟德尔对测交实验的预测,则是运用了演绎推理。归纳和演绎各有优势,也各有局限性,二者是互为补充、相辅相成的。从近代科学到现代科学,以观察(实验)—归纳为主的方法逐渐让位给以假说—演绎为主的方法。这是因为现代科学从总体上来说,已经不是处在经验材料的收集阶段,而是处于高度的理论概括和演绎的阶段。由于数学、计算机科学等工具学科的发展,人们能够凭借这些工具提出假说,然后演绎出理论体系或具体推论,再通过观察和实验来检验。当然,在应用假说—演绎法时,仍需要以经验归纳法做补充,以一定的实验事实为根据。

2.1.2 分析和综合。分析是把研究对象的整体分解为一个一个部分分别加以研究的方法。例如,为了研究各种细胞器的化学组成,必须将各种细胞器从细胞中分离出来,分别加以研究。从近代科学到现代科学,



一个基本特点就是把事物分成一段段、一层层地去研究,比如生物学中从个体到器官、组织、细胞、细胞各部分的结构、细胞各种结构的化学成分、DNA 和 RNA、基因……这样的研究使人们对事物的认识越来越深入,但也容易导致只见树木不见森林。综合是指把研究对象的各个部分或各个方面联系起来考察,从整体上去认识和把握研究对象的思维方法。分析是综合的基础,综合是分析的发展,二者是相互依存、相互渗透,甚至是相互转化的。例如,关于细胞的结构和功能,教材先采取分析的方法,引导学生认识细胞膜、细胞核和各种细胞器的结构和功能。接下来引导学生认识细胞内各种细胞器的协调配合、细胞的生物膜系统,从整体上认识细胞,这就是综合。

2.1.3 类比。类比是指根据两个研究对象的相同或相似方面来推断它们在其他方面一致性的一种思维方法和推理形式。与归纳和演绎不同的是,类比是从特殊到特殊、从一般到一般的推理。例如,教材中介绍的萨顿的推理(根据基因和染色体行为之间的平行行为,推断基因位于染色体上),就是类比推理的范例。在科学研究中,类比推理是提出假说的重要途径,往往可以导致新发现、新理论。但是,应当注意的是,类比推理的结论具有或然性,可能是正确的,也可能是错误的,其证实或证伪还需要通过观察或实验。

## 2.2 形象思维

形象思维是借助头脑中的形象材料来思考问题的一种思维方法。形象思维包括表象的再现、想象和联想。学生在学习生物学的过程中,会接触到许多直观的形象,这些形象会在学生头脑中形成表象。形象思维的过程就是这些表象的再现、联络和融合的过程。两个或两个以上表象的联络就是联想,许多表象的融合形成新表象的过程就是想象。生物学概念的建构离不开形象思维。例如,关于真核细胞的结构模型,仅记住各种结构名词是不够的,还需要学生在头脑中有一个立体的细胞形象。科学探究能力的发展也离不开形象思维。善于联想和想像是创造性思维的重要特征,教材为此安排了专门的内容。例如,在“免疫调节”中的非特异性免疫和特异性免疫部分,让学生联想城墙和城市巡逻的警察;关于激素调节和神经调节的关系,让学生联想人类社会的两种通讯方式——广播和打电话;在群落的结构部分,让学生想像森林群落通过自然选择形成分层结构的大致过程。联想和想像活动给学生提供了十分广阔的思维空间,对于提高学生思维的广阔性、深刻性和灵活性是大有裨益的。

## 2.3 直觉和灵感

直觉思维是指未经过推理分析而直接对问题的答案作出猜测、设想或顿悟的思维。直觉思维的本质特

征是非逻辑性,它能打破常规思维定势和逻辑规则的束缚,因而是创造性思维的重要形式,发挥着逻辑思维不可取代的作用。正如一位学者所说:“光是逻辑是不能够使一个人产生新思想的,正像单凭语法不能激起诗意,单凭和声理论不能产生交响乐一样<sup>[1]</sup>。”爱因斯坦曾说过,在科学创造中“真正可贵的因素是直觉”。但是,直觉并非无中生有,它的产生是与掌握相关的知识和经验以及丰富的实际活动密切相关的<sup>[2]</sup>。

灵感是指人们对于反复探究而未能解决的问题,因某种偶然因素的刺激感到灵光一现,突然领悟到答案的一种心理活动状态。其主要特征是突发性、不可重复性、综合性和模糊性。灵感不是凭空产生的,是研究者长期孜孜以求的结果。同时,它又是可遇而不可求的,正因如此才更加宝贵。

直觉和灵感是创新能力的重要要素。许多重大科学发现都离不开直觉和灵感。但是,凭借直觉和灵感提出的假说、观点、设想等,往往是不完备、不精确的,还必须运用证据和逻辑做大量的工作才能使之渐趋完善。

应当说明的是,一个人的直觉和灵感是无法训练出来的。因此,教材中没有安排有关的思维训练的内容,而是通过介绍科学家的故事,让学生在这方面有所感悟。

## 2.4 数学方法

近现代科学的发展,是同数学方法的应用和发展紧密相联的。科学数学化成了现代科学发展的一个重要特点。马克思认为,一种科学只有在成功地运用了数学之后,才算达到了完善的地步<sup>[3]</sup>。

教材中需要运用数学方法学习的主要内容有:孟德尔的遗传规律,DNA 中遗传信息的多样性,遗传密码,种群基因频率的变化,种群的增长,生态系统的能量流动。需要运用数学方法进行探究的活动有:(1)必修1教材中细胞大小与物质运输关系的实验;(2)必修2教材中性状分离比的模拟实验,探究脱氧核苷酸序列与遗传信息的多样性,碱基与氨基酸对应关系(思考与讨论),调查人群中的遗传病,用数学方法讨论基因频率的变化(思考与讨论),探究自然选择对种群基因频率的影响;(3)必修3教材中用样方法调查草地中某种双子叶植物的种群密度,探究培养液中酵母菌种群数量的变化,土壤中小动物类群丰富度的研究,生态系统的能量流动特点(资料分析),分析和处理数据(技能训练)。此外,在选修1教材中也安排了需要运用数学方法的探究活动。

## 2.5 模型方法

无论在科学研究还是在学习科学的过程中,模型和模型方法都起着十分重要的作用。课程标准已将模型纳入基础知识范畴,并且将模型方法规定为高中生必须掌握的科学方法之一。





必修1教材对模型的定义是：“模型是人们为了某种特定目的而对认识对象所做的一种简化的描述，这种描述可以是定性的，也可以是定量的；有的借助于具体的实物或其他形象化的手段，有的则通过抽象的形式来表达”。《美国国家科学教育标准》中的表述是：“模型是与真实物体、单一事件或一类事物对应的，而且具有解释力的试探性体系或结构。”

模型的方法是以研究模型来揭示原型的形态、特征和本质的方法，是以简化和直观的形式来显示复杂事物或过程的手段。

关于模型的形式或种类，不同论著中的说法不尽相同。有的将模型分为物理模型、理想模型和数学模型3类，其中理想模型是指具有高度的抽象性又具有某种极限特征的理想客体或事物，如理想气体、理想刚体、理想质点等<sup>[4]</sup>；有的将模型分为物理模型和数学模型两大类，而物理模型又包括物质模型和思想模型两类，其中思想模型是物质模型在思维中的引申，包括具象模型和抽象的理想化模型<sup>[5]</sup>；有的将模型分为物理模型、概念模型和数学模型3类，“学生的探究活动最终应该构造一种解释方案或一个模型。模型可以是物理模型、概念模型或数学模型<sup>[6]</sup>。”“物理模型、数学模型和概念模型是用来学习被认为相似的事物的工具<sup>[7]</sup>。”考虑到高中学生的认知水平和教师教学处理的便利，教材中采用的是最后一种分类。

教材中所说的3种模型的含义如下：物理模型是指以实物或图画形式直观地表达认识对象特征的模型，如人工制作或绘制的DNA分子双螺旋结构模型、真核细胞三维结构模型等；概念模型是指以文字表述来抽象概括出事物本质特征的模型，如对真核细胞结构共同特征的文字描述、达尔文的自然选择学说的解释模型等；数学模型是指用来描述一个系统或它的性质的数学形式，如“J”型种群增长的数学模型 $N_t = N_0 \lambda^t$ 。应该指出，物理模型既包括静态的结构模型，又包括动态的过程模型，如教材中学生动手构建的减数分裂中染色体变化的模型、血糖调节的模型等，就是动态的物理模型。

## 2.6 系统分析方法

课程标准在“课程思路”中指出，“生物3：稳态与环境”模块有助于学生领悟系统分析、建立数学模型等科学方法及其在科学研究中的应用。可见，系统分析的方法是必修3科学方法的侧重点之一。

系统分析是指在明确系统的边界后，在分析系统组成要素、层次结构的基础上，分析系统各组分间相互影响的定量关系，建立系统的数学模型，并利用计算机对系统结构进行优化，使系统具有功能整合作用的问题分析方法。系统分析一般包括四个阶段：第一阶段是定性分析，包括划分系统边

界、确定系统组分、分析系统层次、明确问题及研究目标；第二阶段为定量研究阶段，包括定量研究各组分间的影响关系、建立系统数学模型；第三阶段为模型分析阶段，是在认识系统动态规律的基础上，确定系统模型的参数，进行模型试验，优化系统功能；第四阶段为系统结构优化阶段，是通过模拟分析，优化系统结构，实行系统调控，使系统具有系统功能整合特性，实现优化的系统功能。限于高中学生的发展水平和需要，本模块并不要求学生掌握如此完整的系统分析方法，而是重在领悟系统方法的思想，初步学会从系统的整体出发，分析整体与局部、部分与部分、整体与外部环境之间的相互关系。在进行有关系统分析的探究活动时，主要做系统分析的第一阶段的工作，有些活动可深入到第二阶段，比如建立种群增长的数学模型、生态系统的能量流动分析等。

## 3 3个必修模块教材的科学方法教育侧重点

上述科学方法的内容广泛分布在每个必修模块的教材中，但是，每个必修模块教材的科学方法教育又有不同的侧重点。从研究问题的思路上来说，必修1教材侧重于观察—归纳法，必修2教材侧重于假说—演绎法，必修3教材侧重于系统分析法。从具体的研究方法来说，必修1教材侧重于观察法和实验法，必修2教材侧重于演绎推理的方法，必修3教材侧重于调查法和数学模型的方法。

综上所述，人教版高中生物新课标教材中的科学方法内容丰富，并且根据不同模块教学内容特点和学生认知规律进行了整体化的设计和编排。在教材中，这些科学方法有些是作了专门介绍的，有些是渗透在字里行间的；有些是让学生通过科学探究活动来练习和运用的，有些则是让学生通过科学研究案例的分析来体会和领悟的。教师在教学过程中，应当对整套教材的科学方法体系了然于胸，有计划、有步骤地进行科学方法内容的教学，不断提高学生的科学探究能力。

## 参考文献

- 1 李建珊. 科学方法概览. 北京: 科学出版社, 2002, 第1版.
- 2 胡继飞, 郑晓蕙. 生物学教育心理学. 北京: 广东高等教育出版社, 2002, 第1版.
- 3 吴元樑. 科学方法论基础. 北京: 中国社会科学出版社, 1984, 第1版.
- 4 胡志强, 肖显静. 科学理性方法. 北京: 科学出版社, 2002, 第1版.
- 5 生物课程标准研制组. 生物课程标准(实验)解读. 南京: 江苏教育出版社, 2004, 第1版.
- 6 美国国家研究理事会. 美国国家科学教育标准. 北京: 科学技术文献出版社, 1999, 第1版.
- 7 美国科学促进会. 科学素养的基准. 北京: 科学普及出版社, 2001, 第1版. ▲