

DOI: 10.3724/SP.J.1005.2010.00524

化学在农业院校遗传学教学中的渗透与思考

邹平¹, 罗培高²

1. 四川农业大学生命学院, 雅安 625014;
2. 四川农业大学植物遗传和育种省级重点实验室, 雅安 625014

摘要: 农业院校多数专业的课程设置里面, 化学是一类重要的基础课程, 而遗传学是核心的专业基础课。怎样将先修的化学知识向遗传学教学进行渗透, 从而在逻辑上体现专业基础课对基础课的“承上”功能, 是遗传学教师值得探讨的新问题。作者认为, 在农业院校的本科遗传学教学中, 应充分利用先修课程特别是化学的知识原理, 采用“渗透式”教学, 分析学科间知识点的内在联系, 加深学生对遗传学知识的认知和理解, 构建完整的知识体系, 提高学生分析能力、综合能力和逻辑思维能力, 探索综合竞争力强的复合型人才培养的教学模式。

关键词: 化学知识; 遗传学; 渗透式教学; 知识体系; 综合竞争力; 专业基础课

The discussion of the infiltrative model of chemical knowledge stepping into genetics teaching in agricultural institute or university

ZOU Ping¹, LUO Pei-Gao²

1. College of Biology and Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;
2. State Key Laboratory of Plant Breeding and Genetics, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

Abstract: Chemistry is an important group of basic courses, while genetics is one of the important major-basic courses in curriculum of many majors in agricultural institutes or universities. In order to establish the linkage between the major course and the basic course, the ability of application of the chemical knowledge previously learned in understanding genetic knowledge in genetics teaching is worthy of discussion for genetics teachers. In this paper, the authors advocate to apply some chemical knowledge previously learned to understand genetic knowledge in genetics teaching with infiltrative model, which could help students learn and understand genetic knowledge more deeply. Analysis of the intrinsic logistic relationship among the knowledge of different courses and construction of the integral knowledge network are useful for students to improve their analytic, comprehensive and logistic abilities. By this way, we could explore a new teaching model to develop the talents with new ideas and comprehensive competence in agricultural fields.

Keywords: chemical knowledge; genetics; infiltrative teaching; knowledge network; comprehensive competence; major-basic course

生命的本质是在生物体内发生的一切化学反应。随着人类在分子水平上对生命现象本质认识的不断深入, 使得生命科学的教学与研究与化学特别是有机化学之间的关系越来越密不可分, 二者之间

的相互渗透趋势与日俱增。而遗传学则是理解生命活动本质的另外一门至关重要的学科。近年来, 由于现代生物技术和分子生物学的快速发展, 遗传学相关领域的研究不断深入, 导致遗传学教学信息量

收稿日期: 2010-01-28; 修回日期: 2010-03-01

基金项目: 四川省省级特色专业建设和四川农业大学校级研究项目和四川省教育厅青年基金(No.08ZB031)项目资助

作者简介: 邹平(1971-), 男, 副教授, 研究方向: 有机合成和理论有机。Tel: 0835-2886189; E-mail: zouping69@yahoo.com.cn

通讯作者: 罗培高(1977-), 男, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 植物抗病细胞分子遗传。Tel: 0835-2882806; E-mail: lpg052000@yahoo.com.cn

急剧增加。在教学内容不断增多和课程学时不断减少的情况下,如何利用先修课程的知识 and 原理来帮助学生理解遗传学知识的理解和掌握,是遗传学教师值得探讨的问题。

从系统论的角度看,本科教学培养方案中的所有课程构成一个系统,它们之间在内容和原理上总是存在某种内在的逻辑联系^[1]。在农业院校人才培养方案的课程体系,化学作为重要的一类基础课程具有举足轻重的作用^[2],而遗传学作为生命科学的核心学科,则是一门农业院校生物类专业必不可少的专业基础课程^[3,4]。过去,许多遗传学教学工作努力尝试将遗传学的知识原理向细胞生物学、分子生物学、优生学、发育生物学以及育种学等专业课程教学进行渗透,取得了良好的教学效果^[5,6]。由此可见,遗传学作为重要的专业基础课程在系统的逻辑关系中“启下”作用已充分展示,而在教学中还很少体现它对基础课程的“承上”功能。几年来,我校遗传教师在强调专业基础课教学为专业课教学服务的同时,也一直尝试将基础课程的知识原理向遗传学教学渗透,使其形成有机的知识体系,消除学生对大学的不同课程之间是孤立的、散乱的认识误区,取得了较为良好的教学效果。据此,笔者结合自己的教学实践,谈谈化学学科特别是有机化学向遗传学教学中渗透的体会,仅供同行参考。

1 在遗传物质的本质认识过程中化学学科的发展起了关键作用

1.1 化学物质分离和纯化方法为遗传物质的分析创造了条件

在孟德尔豌豆杂交实验发表近半个世纪后,德国遗传学家 Correns 于^[7]1900 年发现,染色体在性状遗传过程中起着关键性的作用。随后 Sutton 于^[8]1902 年提出了著名的染色体理论(The Chromosomal theory of inheritance),认为染色体才是真正的遗传单位。最后 Morgan^[9]和他的学生 Bridges^[10]找到了支持“遗传的染色体理论”的细胞学证据。而染色体则是早在 1842 年就被德国胚胎发育生物学家 von Nageli 发现^[11]。DNA 也只在孟德尔的杂交实验发表仅仅 4 年之后,被德国著名化学家 Miescher^[12]成功地从人和鱼的细胞核中分离出来,但是直到 20 世纪初,人

们才发现染色体是由 DNA、蛋白质和少量的 RNA 所组成的一种复合体。随后,1944 年 Avery 等^[13]用实验方法证明了 DNA 是遗传物质,这才搞清楚遗传物质的化学本质,为分子遗传学的建立和发展奠定了基础。不难发现,对遗传物质本质的认识过程中,化学物质的分离纯化方法的发展和应用起到了十分重要的作用,这也许是化学作为遗传学教学的先修课程设置的理论依据。

1.2 化学组分分析法是破译遗传物质化学组成的重要工具

在 DNA 发现近半世纪后,生物化学家 Levene^[12]才利用化学分析的方法研究发现:DNA 由磷酸、五碳糖和含氮碱基所组成,同时还发现组成 DNA 的 4 种核苷酸含量在不同的生物中存在较大的差异。随即 Chargaff^[14]根据 DNA 中核苷酸之间的数量关系提出了著名的 Chargaff 规则,这为证实遗传物质的空间结构起了重要作用。后来英国化学家 Franklin 利用 X 衍射实验得到了 DNA 的三维相片^[15],为 DNA 空间结构的提出提供了实验数据。在综合前人的实验数据后, Watson 和 Crick^[16]于 1953 年提出了著名的 DNA 双螺旋结构模型,从此开创了分子遗传学的新时代。

1.3 化学热力学与 DNA 双螺旋结构之间的本质联系

Watson 和 Crick 得知 Franklin 的 X 射线衍射实验数据后,一直尝试用一种模型将 X-衍射数据与 Chargaff 的实验数据统一起来。通过反复推敲,终于提出了 DNA 双螺旋结构。事实上, Watson 和 Crick 当时提出的是 B-DNA 形式,从化学热力学角度看这种构象的能量最低(即基态)。最近研究表明,双螺旋结构的形成是一个能量释放的过程, DNA 分子越大,形成双螺旋结构过程中释放的能量越多,这也许是生物进化过程中 DNA 作为遗传物质的热力学基础^[17]。Kwon 等^[18]2005 年研究表明,左手螺旋 Z-DNA 与 B-DNA 相比,在热力学具有不稳定性,是一个导致生物变异的破坏性分子。同年, Ha 等^[19]利用外加能量成功地将 B-DNA 转化为 Z-DNA,并获得了其晶体结构。在许多生物体内都有少量的 Z-DNA 存在,这就暗示着 Z-DNA 也许是细胞自主产生的突变剂。由此可见, DNA 双螺旋结构的提出是结构化学、物理化学以及化学热力学研究发展的必然结果,而绝非“幸运”的偶然发现。

2 化学知识在遗传学教学中的应用实践

2.1 化学知识有助于遗传学的一些基本概念的理解

许多遗传学概念是借助化学知识来定义的。因此,在教学过程中可以利用先修课程的化学知识来理解遗传学概念。比如相引相、相斥相以及顺反检测与分子的顺反异构之间联系,基因转座现象类似于分子结构的基团重排,遗传重组与化学反应相似,感受态细胞相当于化学反应的活化分子,表观遗传学与 DNA 甲基化相关,等位基因的产生与化学反应熵变之间的联系等。由此可见,化学特别是有机化学作为遗传学的先修课程,将它的一些概念和原理向遗传学教学渗透有助于提高教学效率,加深学生对遗传学概念的理解和把握。

2.2 化学知识引入遗传学教学给学生留下丰富的联想空间

在教学中培养学生的思维能力,是培养其他一切能力的核心,遗传学教学中如何提高学生的思维能力,已成为遗传学教师所关注的问题。遗传学的发展过程就是包括化学在内的多学科交叉、融合、相互渗透的过程。因此,在教学中恰当地运用类比进行逻辑推理,可以培养学生综合性、联想性和整体性的思维方式,使其养成“探究式”学习习惯,提高学生自主学习的能力^[20,21]。遗传学是研究生物遗传和变异的一门学科,遗传和变异则是生物界最普遍、最基本的两个特征,而它们在生命运动过程中是一对既对立又统一的矛盾,并且它们的表现与环境之间存在密切关系^[22]。在遗传学教学中如何运用化学知识来理解这一重要的命题?根据上述对 DNA 的不同螺旋形式与化学能量之间的关系分析,作为生物体内 DNA 主要存在的形式 B-DNA,这种构象的能量最低即化学上处于基态,所以在化学和生物学上均表现为稳定性的一面,由此不难理解 B-DNA 对维护物种内遗传的连续性有重要作用,在进化上表现出保守性。相反,Z-DNA 具有较高的活化能,即化学上处于激发态,从而诱导 DNA 分子变化,为生物变异提供了内在的动力。Kwon 等^[18]2005 的研究表明,GC 含量高的重复序列产生 Z-DNA 构象的机率较高,由此可知,要让 B-DNA 转化为 Z-DNA 需要较高的能量,这是物种在遗传上相对稳定的重要原因之一。化学分析完全清楚了碱基间的作用模式:

即 CG 碱基通过 3 个氢键进行配对,而 AT 间则是 2 个氢键。环境又是如何将二者有机地联系起来的呢?环境在一定时期是相对稳定的,且 DNA 又主要是以 B-DNA 的形式存在,所以物种在一定时期内表现为遗传上稳定性的一面。一旦环境发生改变如各种物理射线(X 射线和 γ 射线)和化学因素的影响,可以使 B-DNA(基态)在外加能量的条件下转化为 Z-DNA(激发态),从而诱导产生生物变异。这也是对只有短波光才能诱导生物变异这一现象的有效解释,因为短波光具有较大的能量,能克服 B-DNA 向 Z-DNA 转化过程中所需的能垒(氢键越多,所需能量也越高)。显而易见,环境在遗传和进化过程有重要作用。

通过这种方式有效地将遗传现象与化学热力学联系起来,使学生明白生命活动现象其实就是在生物体内发生的一切化学反应的总效应。这为学生提供了广阔的联想空间,引导学生主动思考和学习,激发学生学习的兴趣,然后根据自身的发展目标来不断地提高和完善理论水平和知识结构。

2.3 利用形式多样的教学手段将化学知识向遗传学课堂渗透

采用何种教学手段将化学的知识原理渗透到遗传学教学中来,对遗传学教师提出了新的挑战。教师具备较宽的知识面,完整的学科体系是渗透式教学的前提。而加强学科间教师的交流与合作是提高教师渗透式教学能力的重要途径。遗传学教学内容相对比较抽象^[4],而课堂上采用图片展示则具有较强的直观性。因此,可以借用有机化学中的 C=C 双键来讲解遗传学中相引相、相斥相和互补分析中的顺、反式组合:首先可在黑板上画一个大而粗的 C=C 双键;然后在 C 原子上添加大小不同的基团,回忆有机化学中的顺、反异构;接下来用显性基因代替较大基团,隐性基因代替较小的基团,把两端的 C 去掉,该构象即可转化为同源染色体的构象,由此引申出相引相和相斥相的概念;最后,利用野生型和突变基因分别代替显性和隐性基因,由此提出分子遗传学互补分析中的顺式排列和反式排列。这样有效地从先修课程中找到衍生遗传学基本概念的佐证,将化学知识与遗传学基本概念有机地联系起来。

同时,采用模型教学会达到良好的教学效果,可以借助化学立体结构基团重排的教学模具,将整个分子结构的模具看成是一个基因组,每个基团或

原子当成是一个基因,而这种化学分子内基团的重排就相似于生物体内的基因转座现象。也可以用多媒体借助化学反应(特别是自发进行的置换反应)的演示,接着用染色单体代替化学分子来讲解染色体片段互换与遗传重组。还可以通过简单回忆化学反应机理的有效碰撞理论(即活化分子之间的碰撞)来讲解细菌转化过程中细菌与DNA分子的接触是必须的,并且DNA也必须与感受态细胞的接触才是有效的,建立起“碰撞”—“接触”和“感受态细胞”—“活化分子”的映射关系。另外,化学修饰会改变分子的活性和能量,而DNA通过甲基化改变电荷分布,从而影响基因的表达调控,这是表观遗传学研究的主要内容之一。最后也可以从进化的角度上讲,生物进化是一个复杂度增加的过程,物种进化的程度可以用等位基因间的差异以及基因家族成员间的差异来衡量,从热力学的角度看,一个自发进行的化学反应体系总是向着熵(即混乱度)增加的方向进行^[23]。综上所述,化学知识和原理可以从不同的角度、不同的层面渗透到遗传学的课堂教学,帮助学生理解遗传学的基本原理和概念,而教师的教学手段、技能以及对知识综合运用能力是决定能否达到预期效果的关键因素。

2.4 运用化学的思维引导学生对遗传学问题的主动思考

近年来,由于遗传学及相关学科快速发展,使得遗传学教学的内容和信息量显著增多,而在课时不变的情况下,建立完整的知识体系,采用网络式和框架式教学是学科发展的必然结果。自然学科快速发展的结果使得学科间相互渗透的趋势也越来越明显,因此,采用渗透式教学来寻找不同学科知识模块之间的内在联系,从而发挥学生的主观能动性,是培养学生创新能力的重要途径^[21]。由于遗传学的理论性和实践性较强,而且其内容丰富、知识点纷繁复杂、灵活多变、表达各异,使得许多学生对这门课不感兴趣^[24]。而学习兴趣则是推动学生主动学习的内在动力。许多研究表明,学生对某门课程学习的好坏程度与他对这门课程的兴趣有密切关系。通过多学科知识,特别是先修课程知识原理的引入和运用,能有效激发学生的学习兴趣,增强学生的求知欲,克服庞大的知识内容带来的厌倦与最难情绪。将化学学科的分子结构、化学反应机理和热力学相关知识向遗传学教学渗透,有助于激发学

生对遗传学课程学习的兴趣,调动学生主动学习的积极性。

3 对化学知识向遗传学教学渗透理念的思考

3.1 化学向遗传学教学渗透是农业院校本科教学适应社会发展的需要

创新是时代发展的主旋律。随着基础学科和相关学科的发展,使得农业院校的许多专业的课程设置上更加注重各科学间的交叉融合,由此彰显农业院校对学生综合能力的要求越来越高。为适应我国农业发展的新形势,探索具有创新性思维的复合型人才的培养模式,提倡“宽口径,重基础”的本科教学方针。遗传学是农业院校生物类专业一门必不可少的专业基础课,它应该在培养方案的课程体系中具有“承上”和“启下”的作用,而化学通常作为遗传学的先修课程,将化学知识原理向遗传学教学渗透是体现遗传课程作为专业基础课具有“承上”的功能,也是认真落实农业院校人才培养方案,适应新形势下培养创新性复合型人才的需要。

3.2 化学知识向遗传学教学中的渗透是遗传学学科发展的内在要求

遗传学学科的建立与发展与先进的化学技术和物理设备在生物研究中的广泛应用具有紧密联系。如前面所述,遗传学家对遗传物质化学本质的认识过程中,化学物质的分离、纯化方法的应用有着举足轻重的作用,如果没有化学学科的发展也许就没有遗传学学科的发展。有机化学中关于分子中元素组成、原子之间的排列和数量关系,结构化学的发展加速了遗传物质的化学成份分析过程,为认识DNA的空间结构创造了有利条件。物理化学以及化学热力学学科的发展为DNA的空间结构提供了合理的解释。由此可见,遗传学发展过程中离不开化学学科的发展,而现代生命科学的快速发展则为遗传学学科拓展了许多新的领域。由此可见,在遗传学发展到后基因组时代的今天,将其它自然学科特别是化学学科向遗传学教学和科研渗透是遗传学学科自身发展的内在要求。

3.3 化学向遗传学教学渗透能有效提高教师素质

教师是教学活动的主体,其自身素质是影响教学效果最重要的因素。遗传学教师在教学中如何体

现专业基础课程的特殊地位, 如何为专业课程做好服务和铺垫作用, 如何将先修课程的相关理论和知识应用到本课程的教学中来, 利用渗透式教学是达到此目的的重要手段。然而, 要真正搞好渗透式教学并达到良好的效果, 要求教师对整个培养体系具有整体观和全局观, 对所有课程的知识都要有一定的了解和掌握, 特别是对课程之间内在的逻辑联系, 教师需要从不同的层面、不同的角度加以审视。这种途径能有效拓宽教师的知识面, 有助于教师建立完整的知识网络, 达到自我完善和提高的目的。

3.4 化学向遗传学教学渗透是培养具有创新性复合型人才的重要途径

教学改革是创新型人才培养的核心内容, 必须探索一套适应农林院校创新型人才培养的全新教学模式。过去, 许多学生缺乏对不同学科之间内在联系的认识, 没有形成完整的知识体系和骨架, 对所学知识没有全局观, 这严重制约了学生综合创新能力的提高。因此, 化学作为农业院校的基础课教育群, 如果化学知识与专业基础课和专业课程之间建立起有机的联系, 将化学知识和原理向专业基础课和专业课的教学渗透, 是增强学生综合竞争能力, 培养创新性复合型人才的重要途径。

化学和遗传学分别是农业院校生物类专业的基础课程和专业基础课。事实上, 遗传学的产生和发展与先进的化学研究方法的建立和发展的确存在紧密联系。在遗传学教学中采用“渗透式”教学, 应用化学知识来讲解遗传学中一些基本概念和原理, 体现遗传学作为专业基础课对基础课的“承上”功能, 有利于加深学生对遗传学知识的认识和理解, 增强教学的趣味性, 调动学生学习的积极性, 是综合竞争力强的复合型人才培养的教学新模式。

参考文献(References):

- [1] 周卫东. 生物学教学中开展学科间教学的探索. 生物学杂志, 2006, 23(1): 56–57.
- [2] 魏松红, 纪明山, 张杨, 王英姿, 谷祖敏, 李兴海. 农业院校应用化学专业课程体系与教学内容改革. 沈阳农业大学学报(社会科学版), 2008, 10(1): 62–64.
- [3] 刘庆昌. 遗传学. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 肖建富, 吴建国, 石春海. 遗传学探究性实验教学的思考与实践. 遗传, 2009, 31(7): 763–768.
- [5] 戴国雄. 遗传与优生学教学中渗透 STS 教育的探讨. 卫生职业教育, 2006, 24(20): 12–13.
- [6] 张羽. 生物教育专业《遗传学》教学改革探索. 遗传, 2008, 30(2): 246–250.
- [7] Correns CG. Mendels regel uber das verhalten der nachkommenschaft der rassenbastarde. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 1900, 18: 158–168.
- [8] Sutton WS. On the morphology of the chromosome group in *Brachystola magna*. *Biol Bull*, 1902, 4(1): 24–39.
- [9] Morgan TH. An attempt to analyze the constitution of the chromosomes on the basis of sex-limited inheritance in *Drosophila*. *J Exp Zool*, 1911, 11(4): 365–413.
- [10] Bridges CB. Non-disjunction as proof of the chromosome theory of heredity. *Genetics*, 1916, 1(2): 107–163.
- [11] Tamarin RH. Principles of Genetics. New York: McGraw-Hill, 2002.
- [12] Dahm R. Discovering DNA: Friedrich Miescher and the early years of nucleic acid research. *Hum Genet*, 2008, 122(6): 565–581.
- [13] Avery ST, Colin MM, Maclyn M. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of Pneumococcal types: induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from Pneumococcus type III. *J Exp Med*, 1944, 79(2): 137–158.
- [14] Chargaff E. The reactivity of iodine cyanide in different organic solvents. *J Am Chem Soc*, 1929, 51(7): 1999–2002.
- [15] Rapoport S, Division J. Rosalind Franklin: unsung hero of the DNA revolution. *Hist Teach*, 2002, 36(1): 116–128.
- [16] Watson JD, Crick FHC. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 1953, 171: 737–738.
- [17] 赵茜怡, 徐霆, 吕庆章, 杨林, 徐存拴. 碱基互补与 DNA 结构稳定的热力学基础分析. 河南科学, 2007, 25(3): 376–377.
- [18] Kwon JA, Rich A. Biological function of the vaccinia virus Z-DNA-binding protein E3L: gene transactivation and antiapoptotic activity in Hela cells. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102(36): 12759–12764.
- [19] Ha SC, Lowenhaupt K, Rich A, Kim YG, Kim KK. Crystal structure of a junction between B-DNA and Z-DNA reveals two extruded bases. *Nature*, 2005, 437(7062): 1183–1186.
- [20] 江海平. 类比推理对培养生物学科人才创新思维的作用. 生物学杂志, 2005, 22(5): 54–56.
- [21] 罗培高. 重视经典遗传知识体系构建和学生自学能力的培养. 遗传, 2010, 32(4): 404–408.
- [22] 季道藩. 遗传学. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [23] McKee T, McKee JR. Biochemistry: An introduction. New York: McGraw-Hill, 1999.
- [24] 赵祥强, 陈曹逸. 利用经典文献优化《遗传学》双语教学. 遗传, 2009, 31(4): 434–438.