

# “小实验,大背景”的细胞生物学基础实验 教学模式探索

徐柳<sup>1</sup> 江南屏<sup>1</sup> 李遂焰<sup>1</sup> 邹方东<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>西南交通大学生命科学与工程学院, 成都 610031; <sup>2</sup>四川大学生命科学学院, 成都 610065)

**摘要** 生物学实验教学是一流人才培养的重要途径。但在传统的实验教学中, 教师往往只关注提高学生的动手能力, 而忽略了通过基础实验教学实现对学生科学创新思维与能力的培养。为此, 在细胞生物学基础实验教学过程中, 在不增加实验经费与硬件投入的情况下, 通过把细胞生物学“小实验”与学科发展“大背景”相结合, 将“小实验”教学内容放在培养学生实验设计能力、批判性与创新思维能力等实验教学大背景之下, 以提升实验教学难度和挑战度, 增强学生的学习兴趣。该模式既有助于在细胞生物学基础实验课中培养学生的实践动手能力, 又能提升学生的科学创新思维等高阶能力。

**关键词** 细胞生物学基础实验; 小实验; 大背景

## Exploration of Teaching Mode of “Small Experiment, Big Background” in Basic Experiments of Cell Biology

XU Liu<sup>1</sup>, JIANG Nanping<sup>1</sup>, LI Suiyan<sup>1</sup>, ZOU Fangdong<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>School of life Science and Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

<sup>2</sup>College of life Science, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract** Biology experiment teaching is an important way of cultivating first-class undergraduates. In the traditional experimental teaching, teachers often only focus on improving students' practical ability, while ignore the cultivation of scientific innovative thinking and ability through basic experiments. Therefore, it is necessary to combine “small experiment” with the “big background” of subject development, and with students' experimental design ability, as well as critical and innovative thinking ability. In this way, without increasing the experimental funds and hardware investment, it can enhance the difficulty and challenge of experimental teaching, and enhance students' interest in learning. This teaching model not only helps to cultivate students' practical ability, but also improves students' high-level abilities such as scientific and innovative thinking.

**Keywords** basic experiments of cell biology; small experiment; big background

细胞生物学是生命科学领域发展最快的前沿学科之一, 新的研究方法和技术不断涌现。为了适应拔尖创新人才培养的要求, 如何在细胞生物学基

础实验教学中, 将学科领域的新进展、新方法、新思路传授给学生, 对基础实验课教学内容和教学模式提出了更高的要求。

收稿日期: 2020-12-08

接受日期: 2021-02-02

西南交通大学2020年本科教育教学研究与改革项目(批准号: 20201031)

\*通讯作者。Tel: 028-85412805, E-mail: fundzou@scu.edu.cn

Received: December 8, 2020

Accepted: February 2, 2021

This work was supported by the Research and Reform of Undergraduate Education and Teaching in Southwest Jiaotong University in 2020 (Grant No.20201031)

\*Corresponding author. Tel: +86-28-85412805, E-mail: fundzou@scu.edu.cn

URL: <http://www.cjcb.org/arts.asp?id=5512>

中国细胞生物学学会、教育部高等学校生物类专业教学指导委员会以及教育部高等学校大学生物学课程教学指导委员会自2013年起,连续举办了多届全国高校细胞生物学骨干教师培训活动。通过与高校细胞生物学实验教学老师之间的交流及调查反馈,发现虽然有一些学校在教学内容更新、教学方式改变上做了很好的改革,但很多高校细胞生物学基础实验课开设内容大同小异,主要以小实验为主,且实验内容较为陈旧,与理论课知识脱节现象较明显,滞后于学科发展现状。不仅如此,实验课上,实验教师通常先就实验原理、仪器使用、操作步骤等进行详细讲解或演示,学生按照实验步骤动手做实验,最后交一份包括实验原理、实验步骤、实验结果等内容的实验报告。这种按部就班的实验教学模式虽然注重学生对实验原理的理解与实验基本操作技能的掌握,但学生通常处于被动参与实验的地位,其批判能力、实验设计与科学创新能力得不到锻炼和提升,也导致实验课教学内容与学科发展严重脱节<sup>[1]</sup>。

因此,紧密结合学科发展背景,注重培养学生实验设计能力、批判性与创新思维能力是本科实验教学中最有难度的关键环节,也是基础实验课教学过程中最容易忽略的“大背景”。那么,在经费和设备有限的条件下,一个个普普通通的细胞生物学基础“小实验”能否在兼顾学生获得知识与提高动手能力的同时,使学生在科学创新思维与能力方面也得到大力提升,为接下来适应更高年级开设的综合性实验、探究性实验以及毕业论文或毕业设计,甚至走向工作岗位或深造打下坚实的基础呢?为此,我们在细胞生物学基础实验教学中,通过探索“小实验”体现实验教学“大背景”的教学模式,提升实验教学难度和挑战度,增强学生学习兴趣,培养学生动手操作实验、动脑设计实验的能力。

## 1 介绍“小实验”曾经对推动学科发展作出的重要贡献

细胞生物学基础实验教学以“小实验”为主。这些小实验由于内容简单、操作容易、可重复性高等优点,具有极好的教学适用性,因此,即便实验内容年代久远,也备受实验教学人员的青睐。但是,按照传统实验教学模式,学生做完实验、提交实验报告后,收获并不大,也留不下多少印象,对实验技能的

提升、实验设计与解决问题等能力的培养更是不够。为了让学生在进入实验室动手做实验之前,对所做“小实验”有更加全面的认识并充满好奇,非常有必要让学生在了解实验原理、实验步骤等常规知识外,查阅相关文献,知道该“小实验”在历史上对推动学科发展做出了什么重要贡献。

以福尔根反应(Feulgen's reaction)为例。该实验由FEULGEN和ROSSENBECK<sup>[2]</sup>于1924年提出,用于原位鉴定遗传物质DNA的细胞化学反应实验。实验原理简单、实验操作也不复杂,只不过是固定细胞、弱酸水解、Schiff试剂染色,然后在显微镜下观察,非常适用于细胞生物学基础实验教学。仅从年代上看,该实验于1924年提出,在今天看来不仅是“小实验”,而且是“老实验”,但如果把该实验置身于生物学学科发展的历史大背景下看,这个实验就很不简单。在1924年,人类并不知道遗传物质是DNA,直到1928年英国科学家格里菲斯(Griffith)的肺炎双球菌转化实验才证明遗传物质是DNA。福尔根反应通过原位显示的方法,显示了细胞中DNA的存在,这对于当时认识DNA以及理解细胞的基本特征等都有重要作用,迄今还常用于细胞DNA含量及倍性分析判断细胞是否发生恶变等。显然,把一个看似“老掉牙”的“小实验”放在学科发展的“大背景”下进行实验教学,相较于传统的只重视实验原理、实验操作的教学方式,学生更有机会“以小见大”,拓展视野,了解学科发展史,对于生物学这类实践性学科的基础实验教学,值得大力推广。

## 2 关注“小实验”涉及的新方法或替代方法

实验教学切忌只关注实验操作步骤而让学生陷入步骤的陷阱,这将固化学生解决问题的手段,让学生以为只有这样做才能得到实验结果,导致视野和思路变窄。如何克服实验教学过程中极其容易出现这一弊端?可以在教学过程中贯穿是否还有新的或替代方法可以回答“小实验”中的科学问题。加入这一实验教学环节,将学生视野从历史长河中聚焦到了现实甚至未来,把一个个“小实验”与学科发展前沿紧密结合了起来,学生的思维和视野将得到极大拓展。实际上,不少细胞生物学基础实验教学老师在教学过程中,很容易忽略这个环节,导致学生为了做实验而做实验,以为做实验就是“练技术”。

细胞生物学基础实验教学目的之一是要让学生知道:为了回答某个科学问题或揭示某个生命活动现象,可以利用哪些实验方法、技术或手段,而实验教学所用的方法只是其中的一种方法,很可能不是最佳的方法,甚至可能是最差的方法。这样的教学,有助于使学生的视野与思维从点到面,有利于学生把知识学活、用活。

仍以上述福尔根反应为例。为了显示细胞中的DNA含量和分布,除了这种经典的细胞化学手段显示DNA外,还有其他方法吗?答案是肯定的。实际上,借助荧光显微镜以及流式细胞仪等现代细胞生物学强有力的仪器及分析手段,人们对细胞中DNA进行显示的方法也越来越多,这些新的手段或技术在科学研究与产品研发中使用十分普遍。比如,4',6-二脒基-2-苯基吲哚(4',6-diamidino-2-phenylindole, DAPI)是一种对DNA有特别强结合能力的荧光染料,目前常用于DNA染色与DNA显示。用DAPI染细胞,方法十分简单,但借助荧光显微镜,可以很方便地显示细胞中的DNA,不管是分裂期细胞的DNA(染色体)还是间期细胞核(染色质),都可以直观高效地呈现。如果用DAPI染细胞,还可以借助流式细胞仪进行DNA含量、细胞周期时相的测定。利用DAPI染色并结合其他染料染色,还可以回答细胞凋亡、干细胞等前沿或热门细胞生物学领域相关的科学问题。因此,通过这种模式的实验教学,即便一些高校细胞生物学实验教学条件不能够满足开设这些实验,但依然可通过传统的“小实验”,达到训练学生科学思维、拓宽学生视野的目的。我们在生物科学、生物工程专业细胞生物学基础实验中已进行了4年“小实验,大背景”的教学模式改革,学生对此普遍好评,“满意度”高达100%。2017级一位同学在做了福尔根染色实验后说:通过课前查阅资料,了解福尔根实验的历史背景,思考福尔根染色实验有何改进方法或有无可替代方法等,学到了常规实验教学中没有的东西。

### 3 依托“小实验”培养学生的科学创新思维与能力

通过基础实验教学培养学生科学创新思维与能力,是实验教学最为重要的一个“大背景”,而这个“大背景”却更容易在教学过程中被忽略。“小实验”是训练、培养学生科学素养的有效载体。正因为“小

实验”内容不够复杂、操作相对简单、时间相对集中和充足,而且学生人数相对较多,因此,依托“小实验”,可以高效培养学生的科学创新思维与能力。这些科学创新思维与能力包括如何设计实验、如何分析实验结果、如何撰写实验报告以及科学诚信等<sup>[2]</sup>。其中,实验设计和科学诚信在细胞生物学基础实验教学中,体现极少,甚至没有体现。

在传统的细胞生物学基础实验教学过程中,通常是教师或实验员先将实验材料、实验方法、实验条件全部摸索好,学生只是按部就班按照实验教材或实验讲义的步骤进行实验操作。这样的“小实验”通常让学生无感。由于实验设计决定了回答科学问题或揭示细胞生命活动现象将采取何种手段、逻辑是否严谨、方案是否可行、结果是否可靠等诸多涉及实验成败的关键环节,因此,高阶性细胞生物学基础实验教学应该是采用启发式教学<sup>[3]</sup>,从实验设计入手,让学生参与实验设计,同学之间还可相互讨论彼此的实验设计是否可行,然后教师归纳总结,最后学生再进入实验操作环节。

以“小实验”四膜虫纤毛再生为例。四膜虫是单细胞原生生物,其纤毛的再生实验尽管简单,但如果引入实验设计环节,实验教学内容的难度以及对学生的挑战度会提高不少。在四膜虫纤毛再生的实验教学过程中,利用注射器的机械力剪切四膜虫纤毛,在显微镜下观察四膜虫运动状态的改变来判断四膜虫的纤毛是否去除,然后把去掉纤毛的四膜虫加入到含有一定浓度药物的培养基中,在不同时间取样,通过显微镜观察四膜虫的运动状态来体现微管组装的速度。这只是对学生的动手能力进行初步训练,而对科学创新思维与能力的提高作用不大,实验教学的难度和挑战度都没有体现出来。我们在该实验教学中引入学生自己进行实验设计环节,以3人为1小组,设计秋水仙素、放线菌酮和新霉素三种药物浓度和作用时间。学生需要参考实验指导书和查阅文献、相互讨论才能够设计好实验。在实验课中,学生根据自己的实验设计,通过实验确定这三种药物在什么浓度范围、多长作用时间就可以影响到微管的组装。这样的“小实验”,通过引入实验设计等教学环节不仅让学生对教学内容有了深刻印象,更培养了其“科学创新思维与能力”,使得学生对实验结果充满了更多期待。

科学创新思维还包括批判性思维。在细胞生物

学基础实验教学过程中,有很多环节都可以潜移默化培养学生的批判性思维习惯。比如,利用洋葱内表皮细胞显示细胞骨架的小实验,很多学校都在开设该实验,即通过Triton X-100去垢剂抽提后,留下的蛋白质纤维经考马斯亮蓝R250染色,在光学显微镜下显示的网状纤维就被认为是细胞骨架。那么,该实验结果可靠吗?这些蛋白质纤维就是细胞骨架吗?考马斯亮蓝R250只染细胞骨架蛋白吗?还有更可靠的方法吗?如果教学中只关注实验原理、操作与结果,不引导学生批判性思考,那么很可能误导学生。有了批判性思维习惯,学生知道眼睛看到的不一定就是真实的,避免了以往依照实验步骤按部就班、不明就里被动参与实验。让学生挖掘“小实验”背后的“大背景”,使学生的好奇心及科学创新思维与能力等基本科学素养都得到了很好的提升。

#### 4 结语

在生命科学史上,通过实验,不仅发现了细胞,更通过实验设计、实验探索揭示了一系列包括确定

遗传物质是DNA而非蛋白质在内的重大突破,使得生命科学得以快速发展。今天,“动脑设计实验、动脑做实验”在学科发展中的价值体现得愈来愈大。因此,在细胞生物学基础实验教学过程中,即便实验条件、场地、经费有限,我们也能通过改变“小实验”教学模式,在关注培养学生动手能力的基础上,重视引导学生拓宽视野、培养学生科学创新思维与能力,巧妙增大实验教学内容的难度和挑战度,体现实验教学目标的“大背景”。

#### 参考文献 (References)

- [1] 胡鑫,高梅,李绍军,等.细胞生物学实验教学改革探索[J].中国细胞生物学学报(HU X, GAO M, LI S J, et al. Teaching reform of cell biology experiment [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2013, 35(1): 110-4.
- [2] 邹方东,苏都末日根,王宏英,等.细胞生物学实验指南,3版[M].北京:高教出版社,2020.
- [3] 王洁,张智海,蔡亮.启发式细胞生物学实验教学的设计与尝试[J].中国细胞生物学学报(WANG J, ZHANG Z H, CAI L. Pedagogical design and practice of heuristic teaching in cell biology laboratory course [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2017, 39(10): 1329-37.