

基于科学精神的细胞生物学实验课程思政设计与实践

高润池 蒋锐达 王晓燕*

(云南师范大学生命科学学院, 昆明 650500)

摘要 课程思政是一种“全课程育人”的教育理念, 它与专业课有机融合, 同向同行, 形成协同效应, 从而实现立德树人的教育目标。细胞生物学实验是一门实践性专业课程, 其目的是培养具有研究能力的创新人才。为此, 该教学改革将科学精神的思政元素融入到实验教学中, 以实验为载体, 基于“科学传授犹如科学探索”的教学理念, 让学生充分体会科学探索的过程, 并使其建立科学研究的思维、态度和品质。

关键词 科学精神; 实验教学; 课程思政; 细胞生物学

Design and Practice of Cell Biology Experiment Course Based on Scientific Spirit Cultivation of Ideology and Politics

GAO Runchi, JIANG Ruida, WANG Xiaoyan*

(College of Life Sciences, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

Abstract Ideological and political education is an educational concept of “whole curriculum education”. It is organically integrated with professional courses, goes together in the same direction, and forms a synergistic effect, so as to achieve the educational goal of moral education. Cell Biology experiment is a practical professional course, which aims to cultivate innovative talents with scientific research ability. Therefore, this teaching reform integrates the ideological and political elements of scientific spirit into experimental teaching, takes experiment as the carrier, and is based on the education concept of “scientific teaching likes scientific exploration”, so that students can fully understand the process of scientific exploration and establish the thinking, attitude and quality of scientific research.

Keywords scientific spirit; experiment teaching; ideology and politics; Cell Biology

课程思政的本质是教育, 是将传道授业解惑与育人育才有机结合, 真正实现立德树人的教育目标^[1]。近年来, 许多专业课任课教师都在努力将课程思政融入教学, 使专业课程与思想政治理论课同向同行, 形成协同效应。

“细胞生物学实验”课程是云南师范大学生命科学学院生物科学专业的必修课, 开设在大学二年级下学期。学情分析表明, 此时的大学生已经适应

了大学的学习和生活, 他们开始对专业前景和自身未来的发展产生思考, 也逐步建立了批判性思维, 因此, 此时对大学生进行思政教育是非常有必要的^[1]。

“细胞生物学”被誉为生命科学的“枢纽学科”, 发挥着承上启下的作用。“细胞生物学实验”课程作为理论课配套的实践类课程, 由一系列相对独立的实验内容组成, 其教学目的是以实验为载体, 通过开展实践教学环节, 使学生不断习得科学研究者所必

收稿日期: 2023-04-10

接受日期: 2023-06-27

云南师范大学生命科学学院、生物能源持续开发利用教育部工程研究中心、云南省生物质能与环境生物技术重点实验室开放基金资助的课题

*通讯作者。Tel: 18987677526, E-mail: wxy5837@163.com

Received: April 10, 2023

Accepted: June 27, 2023

This work was supported by the Engineering Research Center for Sustainable Development and Utilization of Bioenergy, Ministry of Education, and Key Laboratory of Biomass Energy and Environmental Biotechnology, Yunnan Province, China Open Fund Project

*Corresponding author. Tel: +86-18987677526, E-mail: wxy5837@163.com

需的能力、品格,养成科学探索精神、合作品质、奉献情怀,明确纪律规范,深切感受到科学研究的严谨性、真实性、规范性,以及科学研究者对待科学研究的态度的,最终帮助学生初步建立科学思维方式和合作意识。学生实践课程的学习过程实际上就是一个新的科学研究者的探索过程,因此,在传授知识的过程中,应当遵循四川大学邹方东教授提出的“科学传授犹如科学探索”探究式教学理念,让学生充分体会科学探索的过程和精神。

在本教学改革中,教学团队将“科学精神”的思政元素融入实验教学中,通过教师队伍重建和教学实施改革,将科学研究的思维、态度、精神等融入到每一次基础性实验课中,目的是帮助学生培养研究者所必需的精神和观念,同时为其他地方师范院校实验课程体系的建设和改革提供思路。

1 教师队伍的重建

以往,我院本科生实验课教学是由新进教师、硕士研究生和专任教师教授的,教师们几乎采用传统的讲授式教学指导学生完成实验验证。然而,随着近年来国家对创新人才的需求,传统的教学模式似乎较难培养出符合时代要求的创新型人才,即便使用BOPPPS(bridge-in, objective, pre-assessment, participatory learning, post-assessment, summary)或PBL(project-based learning method)等先进的教学理念和方法,也难以从根本上解决面临的问题。而对于生命科学来说,实验课又是创新人才培养的关键途径。基于这种矛盾的存在,本教研室对细胞生物学实验课教师团队进行重新调整,安排专门从事科学研究的年轻教师进行讲授。原因在于这些老师都接受过专门的科学研究训练,他们具有比较敏感的科研思维,并且具备独立开展科学研究的能力,因

此,面对本科教学中的一个验证性实验,更容易用科学研究者的视角指导学生提出科学问题、进行实验设计、实施实验操作、描述实验结果、总结实验结论、分析实验问题,从而培养科学思维、科学素养和科研态度。

2 科学精神与课程有机融合

科学精神是科学的灵魂,也是马克思主义的精髓,其特征主要在于坚持理性信念、把握实证方法、秉承批判态度、遵循试错模式。在本教学改革中,我们将对学生科学精神的培养融入到每一个教学的环节,包括课前的“心理暗示”、课中的“探究实践”,以及课后的“学术交流”。

在课程的开始阶段,教学团队带领学生认识“科学研究步骤”,并对本教改对学生“实验教学环节”提出具体的要求。随后,教师对提出问题、作出假设、制定方案、实施计划、得出结论、交流和表达等“科学研究步骤”以及“实验教学要求”进行一一讲解,引导学生找出二者之间的联系(表1)。例如,科学探究过程中,问题的提出要有理有据,因此,研究者通常都是先查阅文献、了解研究背景和前沿,从而提出科学问题;而学生预习任务的作用等同于科学研究的第一步。又如,科学探究中制定好实验方案后,探究者在实际操作前都会在脑子里熟悉实验流程,尽量思考每一个步骤是否考虑周全,包括需要的耗材和试剂如何准备等,只有这样才能在实际操作过程中做到从容不迫;而在学生预习过程中,教师也希望学生能够在课前熟悉每一个实验步骤,这样不仅可以在实验过程中做到心中有数,而且还能够提高课堂效率。通过简单的比较和归纳,让学生体会科学研究并非高深莫测的,而是触手可及的,而他们自己正在从事的就是科学研究。通过这样的心理暗示和

表1 科学探索和学生实验课活动的比较

Table 1 Comparison of science exploration and student laboratory classes

科学探索步骤 Steps of scientific exploration	研究者工作 Researchers work	学生实验课工作 Student laboratory work
提出问题	查阅文献	预习学习资料
作出假设	提出科学假设	实验设计
制定方案	选择最优实验方案,进行可行性分析	根据参考资料,熟悉实验流程
实施计划	实验探究,优化条件	按实验流程有序进行
得出结论	通过反复验证、分析、统计,获得可靠结果	验证结果
交流和表达	发表论文、学术交流	实验报告、小组交流

引导, 我们更容易从态度上得到学生对基础性实验的认可, 也利于他们建立专业自信, 从而激发学生科学探究的欲望和思维。

2.1 课前进行有效预习

预习是对做实验学生的最基本要求。预习不仅可以培养学生的学习和能力, 而且还能够提高学生的学习热情, 减轻负担, 提高课堂教学的效率^[2]。因此, 在进入实验室开展实验前, 教师通过发布作业等手段指导学生进行“有效预习”已是本教学团队成熟的教学手段^[3], 其做法主要是学生课前需要自主学习教师提供的学习资料(包括课件、参考教材和文献资料等)和撰写实验预习笔记(包括实验背景、实验材料、试剂配制过程、实验方法及操作流程, 以及对结果的预期判断), 目的是让学生在进入实验室前, 对即将开展的实验做到心中有数, 且在实际操作过程中如遇实验材料、试剂、处理条件等发生变化时, 及时在相应记录位置进行修正, 以体现科学研究的真实性和严谨性。

对实验背景的充分了解不仅仅要参考理论教材, 很多时候需要通过阅读文献。然而, 如何进行高效的文献阅读对学生来说却是需要教师指导的。在本教学改革中, 教学团队根据实验内容选择相关中文文献并开展文献阅读指导。选择中文文献的原因首先是建立文化自信, 其次是中文作为学生的母语, 学生更容易读懂深奥的学术问题, 利于他们建立自信心。文献阅读的指导方法主要是“问题引导法”, 即每次阅读只关注在文献中找到问题的“答案”, 并对“答案”相关的内容读透读懂。通过文献阅读训练, 旨在达到如下目的: 其一, 使学生了解实验背景, 习得资料查找的能力, 为接下来独立开展科学研究奠定基础; 其二, 通过指导学生论文的撰写格式, 包括图、表的呈现方式, 从而根据自己的实验内容去模仿论文的撰写, 逐渐培养学生学术交流能力, 也为毕业论文的撰写奠定基础; 其三, 使学生习得文献阅读的方法, 并能够在最短时间内搜索到自己需要的信息; 其四, 阅读文献可以发现科学问题、找到解决途径、了解科学前沿, 因此也希望学生能够养成阅读文献的好习惯。

2.2 针对实验提出科学问题

提出问题是科学探究的第一环节, 也是最重要的环节。对于大多数的初学者而言, “能够准确地提

出科学问题”是比较困难的, 然而“提出科学问题的能力”是可以培养的, 且是一个训练的过程。在以往的实验教学中, 基于人才培养目标的定位, 实验设计的环节并不受到重视和强调。但随着时代的变化, 国家对人才的需求也在发生改变, 尤其是近年来国家对创新人才培养要求的提高, 各种组织也在不断的为学生的创新提供平台和训练的机会, 例如备受关注的大学生生命科学联赛为创新型人才培养的助力活动^[4]。因此, 为了满足新的人才培养目标, 我们的教学也需要变革, 才能够与时俱进。

在本教学改革中, 首先, 我们从观念上改变学生对“细胞生物学实验”的认识。其原因是学生在前三个学期里接触的实验大多都是描述性学科的实验, 如植物学实验、动物学实验等。这些描述性学科的实验容易给学生制造“错觉”, 甚至对实验课产生误解。因此, 在开展“细胞生物学实验”前, 教师有必要帮学生建立起“探究”的概念和欲望。在本教学实践中, 教师通过与学生讨论“进实验室的目的”, 让学生逐步转变“获得学分”“学习某些技术”“验证某个理论知识”等对实验课的目标定位, 要让他们认识到在接下来学时内将“通过某个方法或手段”探究某个科学问题, 而这种目的更容易激发学生对“科学探究”的欲望, 他们也才会用科研者的心态对待实验课。任课教师还可以利用“三位建筑工人”的漫画帮助学生建立“万事心里有, 眼里才有”的意识。

其次, 本教学改革从基础性实验开始训练学生“提出科学问题的能力”。我院“细胞生物学实验”课程仍以基础验证性实验为主, 这些实验的优点就是小而简单, 且理论背景丰富, 学生容易根据实验的目的找到科学问题, 从而更适合训练学生“提出科学问题的能力”。然而, 基础性实验的最大缺点就是都比较“古老”, 因此也很容易受到学生的轻视。在本教学改革中, 我们也提倡用“小实验、大背景”的方法^[5], 将基础性实验置于科学大背景下寻找它的价值和意义, 以及其对当代细胞生物学研究产生的影响, 从而激发学生对每一项科学研究成果的敬畏和崇拜。本教学改革实践中, 训练学生“提出科学问题的能力”是在每次实验课的前20~30分钟时间内, 任课教师将使用“参与式”教学法引导学生们准确地提出“科学问题”。

当明确实验课将要解决的“科学问题”后, 教师将带领学生对即将开展的内容进行实验设计的探

讨,包括实验材料的选择、实验方法的选择、实验结果的预测,以及必要时对对照实验的设计。在实验设计过程中,教师还将“实验设计”与“新房装修”进行比较,让学生感受设计的过程和必要性。

2.3 实验材料的选择和学习兴趣的激发

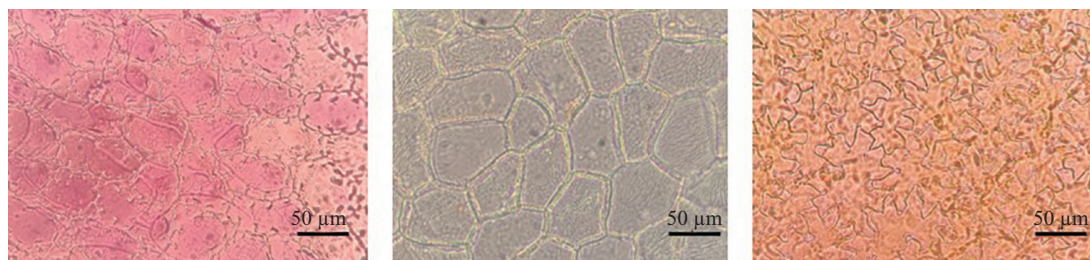
在生物学实验中,材料的选择是很关键的,一个合适的实验材料可以起到“事半功倍”的作用。因此,在本教学改革中,教师引导学生对每次实验课的材料选择展开讨论,目的是让学生了解影响科学研究者选择实验材料的因素,比如:实验条件、费用、取材的难易程度甚至其他一些不确定的因素。教学所用的实验材料可能与科学研究有所差别,有些时候实验课选择的材料并不是最优的,但是通过教师引导讨论,学生不仅了解了选材的重要性,而且也能体会到实验材料与实验目的相统一的思想,逐渐建立起批判性思维和科研思维。

本教学改革中,教师还会对一些特殊的实验材料进行详细介绍,例如在研究细胞膜的通透性实验中,教师会介绍“成熟红细胞”作为实验材料的优势,包括成熟的红细胞方便取材,源源不断;哺乳动物成熟红细胞还不具有细胞核以及膜细胞器等。同时教师还会结合理论知识,提出一些讨论问题,例如,“假如1925年GORTER和GRENDLE^[6]没有用哺乳动物成熟红细胞作为实验材料研究细胞的表面积,而是选择了其他的细胞做实验,结果会对细胞质膜的模型建立有什么影响?”通过类似问题的讨论,让学生体会实验材料的选择与科学假设的证明两者之间的相互辩证关系。此外,在实验教学中,模式生物的介绍也是必不可少的。模式生物作为细胞生物学研究中常用的实验材料,通常具有个体较小、容易培养、操作简单、生长繁殖快的特点,且由于基因在

进化上的保守性以及遗传密码的通用性,从模式生物中得到的有关基因性质或功能方面的信息往往也适用于其他生物。因此,在实验教学内容上,我们也将模式生物引进课堂,让学生切实体会模式生物的优势和便利,了解科学研究的前沿^[7]。

当代大学生是非常自信的一代,他们个性张扬、特立独行,不喜欢受到各种约束,他们也是很有想法的一代人。基于这样的群体特征,我们认为学生想要的是一个能够展示自己平台,而不是一个个相同的实验结果。因此,本教学改革中,我们将学生的兴趣和科学探究进行了有机结合,鼓励学生自备实验材料。例如,在“细胞形态的显微观察”实验中,学生们自行收集了学校里的各种花朵,并对花瓣的细胞形态进行了观察,当看到形形色色的细胞形态时,学生们显得非常的意外和激动(图1),有些同学还从校园的湖中取了水样,观察到了水螅、线虫等低等生物。

激发学生学习兴趣的方式有许多种,然而,本次教学实践中,允许学生自选材料是一个激发他们学习兴趣和探究欲望非常有效的方法。因此,作为一个以探究为目的的实验课,教研室尽最大能力给学生提供了实验条件,以满足他们开展感兴趣的探究课题。可以说,小小的改变不仅激发了学生的学习兴趣 and 探究的欲望,而且还培养了学生独立思考、综合运用知识以及创新的能力。例如,在利用甲基绿-派洛宁对细胞中DNA和RNA进行定位的显色实验中,实验准备的教师选择了洋葱鳞茎作为实验材料。然而,有学生却自己准备了分裂旺盛的洋葱根尖(图2)、新鲜的枝芽,还有他们自己栽培的多肉植物等材料。访谈发现,他们的科学假设是基于细胞在有丝分裂的周期中,DNA和RNA也是动态变化



左:蔓长春花瓣下表皮;中:樱花花瓣下表皮;右:迎春花瓣下表皮。

Left: lower epidermis of cranberry petals; middle: lower epidermis of cherry petals; right: lower epidermis of spring flower petals.

图1 细胞形态的显微观察

Fig.1 Microscopic images of cell morphology

的, 因此利用甲基绿-派洛宁对样品染色时, 是否会看到每个阶段的DNA分布变化? 简而言之, 就是希望从一个静态的临时装片中看到生命活动的动态过程。从图2中确实能够看到一些变化, 比如DNA的分布区域大小不同、DNA分布区域的形状不同, 以及DNA在同一个细胞中有两个分布区域等分布特征, 这些都能够验证他们的假设。学生能够进行这样的独立思考和科学探究, 也充分说明本教学改革思政元素融入的“润物无声”。

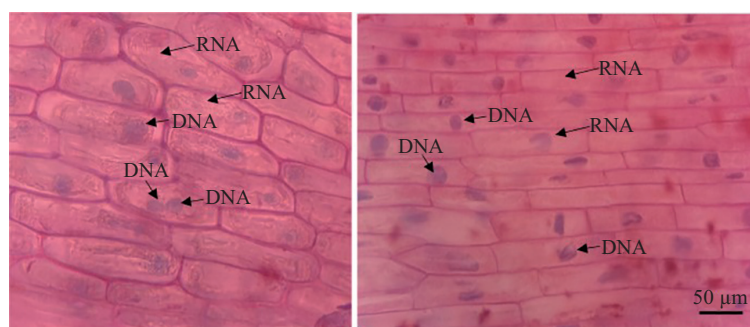
2.4 实验方法的选择

生物学中为了探究现象或验证假设, 可以采用的方法往往会有多种, 而面对这些可选择的方法, 我们就需要进行筛选和可行性分析。或者有些时候会面临没有现成可采用的研究方法的情况, 此时则需要根据文献资料制定方法。在本教学改革中, 教师也有意将这些科研中存在的实际问题设计到教学中。当遇到有多方法可采取的情况时, 教师首先通过“头脑风暴”与学生一起将可以使用的方法都列出

来, 然后在逐一进行优缺点和可行性分析, 最后基于实验教学条件, 选择一到两种方法进行探究; 当遇到没有现成的方法时, 教师会提供相关的参考文献, 与学生一起阅读文献, 讨论分析方法的可行性, 并与实验内容相结合, 确定需要更换的步骤和试剂, 这个过程也很有利于学生建立批判性思维和科研思维。

在选用实验方法时, 我们鼓励学生在有依据的前提下进行大胆的创新和尝试。比如, 在制作辣椒表皮临时装片实验中, 学生在植物学实验中使用的方法是“刮去果肉”, 而制备植物材料临时装片的方法还有“挑”“撕取”等, 因此我们鼓励学生多去分析和尝试。通过尝试, 学生发现利用“撕取”方式更容易获得辣椒表皮单层细胞(图3)。通过这样的尝试, 学生更能够体会到科学探究途径的多样性。

科学研究是一个探索的过程, 在探索过程中, 我们都避免不了失败和错误。在本教学改革中, 任课教师也融入了“试错教育”的理念。有意识的在课件上增加一些“错误”或制造一些“意外”。比如, 在

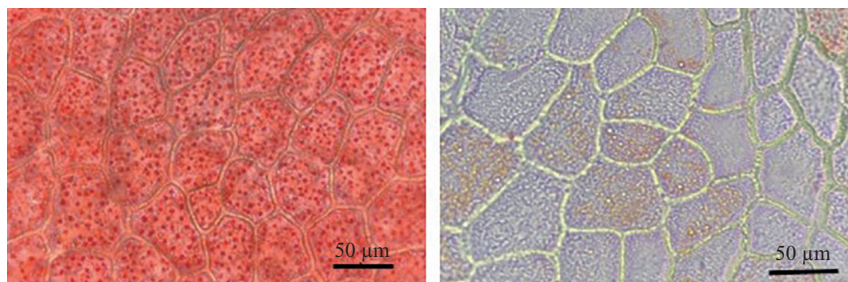


蓝紫色为DNA分布区域; 红色为RNA分布区域。

Blue-purple is the DNA distribution area; red is the RNA distribution area.

图2 洋葱根尖细胞DNA和RNA的分布

Fig.2 The DNA and RNA distribution in onion root tip cells



左图为“刮去果肉”获得的辣椒表皮细胞临时装片; 右图为“撕取”获得的辣椒表皮细胞临时装片。

The left picture shows the cell slide of hot pepper epidermis obtained by “scraping off the pulp”; the right picture shows the cell slide of hot pepper epidermis obtained by “tearing”.

图3 辣椒表皮细胞

Fig.3 Epidermal cells of hot pepper

利用差速离心分离叶绿体实验中, 学生通过学习后了解到差速离心可以将细胞组分或细胞器逐一分离开来。因此有同学在操作过程中, 会机械地跟着实验步骤将组织匀浆液中的成分逐一分离出来, 而并不考虑本次实验要获取的目标细胞组分。结果导致这些学生操作次数的增加, 实验时间延长, 而那些对实验步骤进行仔细推敲且明确实验目的的同学就很容易发现其中存在的多余步骤。在类似这样的“试错教育”下, 学生对接下来的实验步骤才更加细心。

2.5 实验结果的呈现

明确而清晰的实验结果是科学研究者追求的直接目的。然而, 在进行科学探究过程中, 许多的实验结果又是不确定的。因此, 基于科学假设和实验设计对实验结果进行预测是有必要的, 也正是基于对结果有预测, 才使得科学研究者能对实验结果作出准确判断, 甚至在实验结果与预期不一致时进行分析和获得启发。

访谈发现, “对结果的预测”是学生最容易忽视的环节。学生主观的认为只要顺利完成实验操作, 实验结果自然会呈现出来。但事实上, 学生在缺乏科研思维训练和没有完全理解实验的情况下, 即便顺利完成了实验操作, 也获得了理想的结果, 却不能准确地判断实验结果, 以及对结果进行描述。因此, 在本教学改革中, 教师有意识地隐藏了课件中的参考结果, 目的是希望学生能够结合理论知识和科学假设, 主动思考实验预期的结果, 并能够对其所获得的结果进行评价, 甚至能够在面对一些突发的情况时进行客观、准确的分析和讨论, 从而培养学生发现问题、解决问题的严谨科学态度。

教学实践还发现, 对实验结果的描述是学生面临的另外一个挑战。即便他们实验结果非常完美, 获得的图片非常漂亮, 但是在描述实验结果时, 往往

只能将图片展示出来, 或者简单地写上一两句话。为此, 任课教师通过文献阅读的指导, 让学生观察并模仿文献中结果的呈现方式和描述思路, 也就是结果是图片的需标出图注和详细信息; 结果是表格的, 要求制成三线表, 并需要有表头等等细节。在文字描述过程中, 可以依次从材料、方法和观察到的现象几方面按顺序描述, 遵循“教会读者看结果”的标准对所获得的实验结果进行详细的、有条理的描述。通过这样的引导和训练, 学生逐渐培养了论文撰写的能力和学术交流的能力。例如, 在叶绿体分离实验中, 学生通过差速离心从新鲜菠菜叶片中分离到叶绿体悬液, 在显微镜下观察到如图2所示的实验结果。因此, 在描绘实验结果时, 他们从材料、方法、结果的解读几方面来描述, 撰写了如下实验结果描述: 本研究利用新鲜菠菜叶片为实验材料, 在低温等渗条件下进行组织匀浆和两次差速离心, 分离到绿色颗粒, 其形状有凸透镜形或椭球形, 在10×10倍镜下看到直径为500~1000 μm , 厚度为200~400 μm ; 在10×20倍镜下看到直径为1 000~2 000 μm , 厚度为400~800 μm ; 在10×40倍镜下看到直径为2 000~4 000 μm , 厚度为800~1 600 μm (图4)。结合理论知识, 叶绿体的直径为5~10 μm , 厚度为2~4 μm , 我们推测所观察到的绿色颗粒为叶绿体。

2.6 善于总结和反思

反思是世界观发展的重要环节, 其目的性既与个体发展目标相联系, 同时又与个体对真理规律的认识或明或暗的目的性也发生着联系^[8]。因此在本教学改革中, 我们强烈建议学生对每次实验课都写下两条“收获”和两条“不足”。通过撰写“收获”, 使学生获得成就感, 而通过撰写“不足”进行反思, 学生可以不断地发现问题, 不断地总结进步。

学生作为教学活动主体之一, 在学习评价中也

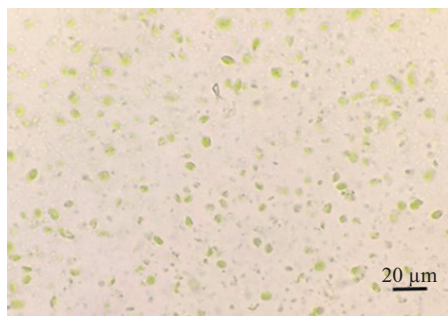


图4 分离的叶绿体

Fig.4 The isolated chloroplasts

需要发挥主观能动性, 积极参与其中。因此, 我们通过“学生互评”实验记录的方式使其参与教学活动, 并根据教师制定的“评价量规”进行客观评价。在这个过程中, 他们会发现不同的学生对同一个问题的看法是存在差异的, 而且还能够看到一些优秀的报告, 这对于他们来说也是一个相互学习和启迪的过程。这种互评的价值还在于促使学生多视角地看待同一个问题, 使学生对事物存在与发展的看法更为客观^[9]。

3 总结

科研精神的培养是一个长期过程, 它不仅仅需要“细胞生物学实验”课程教师的努力, 而且还需要其他生物科学专业课程教师根据课程自身的特点, 不断挖掘和实践。在本教学改革中, 我们挖掘了“细胞生物学实验”课程的科学精神思政元素, 并将其与知识有机融合, 最终实现“润物细无声”的效果。通过讨论平台收集的反馈意见, 发现学生对“探究式”实验课十分认可, 许多同学都表示这种“探究式”的实验课提高了学生对实验的兴趣, 有些同学还表示以科学探究方式开展的细胞生物学实验, 让学生的科学思维得到了训练, 也逐步地培养了他们自主学习的能力和創新思维; 通过探究式学习方式, 他们将被动接受知识变为了主动探索, 还学会主动思考问题。从学生的反馈中可以看到本教学改革的成功之处, 然而, 学生学术交流能力的提升并不理想, 其原因可能是指导和训练的时间有限, 因为我院为基础性实验课安排的学时只有每周2学时。因此, 在下一轮的教学改革中, 教学团队也将从多方面加强对学生“学术交流能力”的培养, 例如撰写研究型论文和文献汇报等。

致谢

感谢为本论文提供实验结果图片的陈昱睿、杨

诺和刘娜等同学。

参考文献 (References)

- [1] 王佳伟, 宋根娣, 卢明媚. 应用型本科高校“细胞生物学实验”课程教学改革的研究[J]. 安徽化工(WANG J W, SONG G D, LU M M. Research on teaching reform of “cell biology experiment” course in applied colleges [J]. Anhui Chemical Industry), 2021, 47(5): 142-5.
- [2] 卢冬花. 如何培养学生的预习能力[J]. 读与写(教育教学刊)(LU D H. How to cultivate students' preview ability [J]. Read and Write Periodical), 2017, 14(5): 227.
- [3] 高润池, 吴雪, 王晓燕. 基于科研能力培养的分子生物学实验教学改革初探——carA基因是否与盘基网柄菌细胞的趋化运动有关[J]?中国细胞生物学学报(GAO R C, WU X, WANG X Y. Reform exploration of molecular biology experimental teaching for improving scientific research ability: whether carA gene was related to the chemotaxis of dictyostelium discoideum [J]? Chinese Journal of Cell Biology), 2021, 43(4): 797-804.
- [4] 霍颖异, 陈璨, 龚莺, 等. 全国大学生生命科学竞赛助力高校生命科学人才培养[J]. 生物工程学报(HUO Y Y, CHEN C, GONG Y, et al. The National Life Science Competition for College Students assists fostering life science talents in colleges and universities [J]. Chin J Biotech), 2022, 38(5): 2026-32.
- [5] 徐柳, 江南屏, 李遂焰, 等. “小实验, 大背景”的细胞生物学基础实验教学模式探索[J]. 中国细胞生物学学报(XU L, JIANG N, LI S Y, et al. Exploration of teaching mode of “small experiment, big background” in basic experiments of cell biology [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2021, 43(4): 811-4.
- [6] GORTER E, GRENDL F. On bimolecular layers of lipoids on the chromocytes of the blood [J]. J Exp Med, 1925, 41(4): 439-43.
- [7] 高润池, 吴雪, 倪娟, 等. 将盘基网柄菌用于本科细胞生物学综合性实验教学初探——电穿孔转化绿色荧光蛋白[J]. 中国细胞生物学学报(GAO R C, WU X, NI J, et al. Preliminary study on the use of dictyostelium discoideum in comprehensive undergraduate laboratory course of cell biology: transformation of lifeact-green fluorescent protein by electroporation [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2020, 42(3): 493-8.
- [8] 曲圆, 浅析大学生知识反思能力提升教育[J]. 现代交际(QU Y. Analysis of college students' knowledge reflection ability to improve education [J]. Modern Communication), 2020(15): 132-3.
- [9] 王以雷. 基于核心素养探索新时代大学生反思能力培育的路径[J]. 卫生职业教育(WANG Y L. Exploring the path of cultivating college students' reflective ability in the new era based on the core literacy [J]. Health Vocational Education), 2021, 39(4): 58-60.