



微生物学“绪论”教学中培养学生独立思考 and 系统性学习能力

全哲学* 刘明秋

复旦大学生命科学学院 上海 200438

摘要:在微生物学教学中注重培养学生的独立思考和系统性学习能力是实施创新教育的重要途径。“绪论”作为微生物学课程的第一节课内容,要帮助学生培养独立思考能力,并对微生物以及微生物学这门课程的内容建立一个整体框架。“绪论”部分的重点是介绍微生物学发展史和微生物的五大共性。在微生物学发展史的教学过程中,以巴斯德的曲颈瓶实验为切入点,让学生掌握从不同层面去思考同一个问题。另外,通过介绍微生物学发展史后的分组讨论,让学生体会科学发展规律和独立思考的重要性。微生物的五大共性是微生物的“微小”特点所决定的,而且这五大共性之间存在严谨的逻辑关系。微生物的五大共性是微生物各个方面特点的核心,与周德庆编著的《微生物学教程》中各章节内容和顺序相吻合,能帮助学生建立大框架,易于把后继学习的一个个知识点放进这个框架,系统学好微生物学。

关键词:微生物学,绪论,微生物学发展史,微生物五大共性,科学方法论,微生物学框架

Cultivation of students' abilities for independent thinking and systematic learning during teaching of the Introduction part in Microbiology course

QUAN Zhe-Xue* LIU Ming-Qiu

School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200438, China

Abstract: In teaching of Microbiology course, it is an important way to cultivate students' abilities for independent thinking and systematic learning. As the first part of Microbiology course, “introduction” should help students to cultivate the ability of independent thinking and establish the overall framework. The “introduction” focuses on the development history of microbiology and the five commonalities of microorganisms. In the process of teaching the development history of microbiology, we will take Pasteur's flask experiment as the starting point, let students learn to think same question from different levels. By students' group discussion after the teaching of the development history of microbiology, let the students realize the importance of scientific development law and independent thinking. The five

Foundation item: Good Practice Program of Teaching and Learning of Fudan University in 2018 (2018A002)

*Corresponding author: Tel: 86-21-31240665; E-mail: quanzx@fudan.edu.cn

Received: 11-11-2019; **Accepted:** 06-03-2020; **Published online:** 11-03-2020

基金项目: 复旦大学 2018 年度本科教学研究与改革实践项目(2018A002)

*通信作者: Tel: 021-31240665; E-mail: quanzx@fudan.edu.cn

收稿日期: 2019-11-11; 接受日期: 2020-03-06; 网络首发日期: 2020-03-11

commonalities of microorganisms are determined by the “micro”, the characteristics of microorganisms, and there is a rigorous logical relationship between the five commonalities. The five commonalities of microorganisms are the core of the characteristics of all aspects of microorganisms, and are consistent with the order and contents of each chapter in the “Essential Microbiology” compiled by Deqing Zhou, and that will help students to establish an overall framework, and easy to put the knowledge points of subsequent learning into the framework and learn microbiology more systematically.

Keywords: Microbiology, Introduction, Development history of Microbiology, Five commonalities of microorganisms, Scientific approach, Framework of Microbiology

1 “绪论”的重要性

在复旦大学生命科学学院,微生物学是一门专业必修课。因此,在这门课程教学中不仅要介绍微生物学专业知 识,而且更重要的是培养学生独立思考能力并帮助学生掌握科学研究方法论,同时要让学 生理清所学知识的系统性,建立完整的知识体系。为此,我们引入对分课堂的教学模式^[1],增加课程中学生讨论所占的时间,使学生由以往的被动接受知识,改为主动思考并表达自己的想法,在此过程中加深理解。

“绪论”作为微生物学课程的第一节课内容,其教学要让学生对微生物学这门课有一个整体认识,并了解微生物学的发展轨迹和微生物学的重要性。“绪论”主要包括两部分重点内容:微生物学发展史和微生物的五大共性。微生物学发展史的教学和讨论不仅使学生从历史中学会科研方法论,而且能鼓励学生通过独立思考从表象看到本质;微生物五大共性的教学和讨论让学生从微生物的“微小”特点出发,体会微生物的共同特点,并从这些特点的联系以及与教材各章节内容的关系中,对微生物学这门课程的内容建立一个整体框架,从而有助于学生在以后的学习过程中能较好地掌握微生物学的各个知识点。

2 借由微生物学科的发展史,引导学生独立思考

微生物学发展的各个阶段都有很多代表性成果。对这些代表性成果的教学 中,通过对部分成果的深入思考和讨论,让学生掌握科学方法论,

又串起各阶段代表成果来学会科学发展规律。

2.1 培养学生的独立思考能力和理性思辨精神

微生物学发展史上代表性研究成果之一是巴斯德的曲颈瓶实验。作为一个典型的“胚种学说”实验,大部分学生在高中生物学课程或大学生物学基础课学习中已有所了解,若再具体介绍实验过程,很容易让学生觉得乏味。因此,此部分教学主要以讨论的形式进行,在此过程中培养学生的独立思考能力和理性思辨精神。

讲授曲颈瓶实验时,首先给学生说明这个实验的背景,之后当堂进行讨论。内达姆通过实验发现,煮沸肉汤放置几天后,清澈的肉汤会变浑浊,而且出现用显微镜能观察到的生命体,从而认为这些小生命体是自然发生的;当斯帕拉捷用加上盖子的肉汤煮沸后一直保持清澈来反驳内达姆的结论时,内达姆认为小生命体没长的主要原因是加上的盖子限制“活力(life force)”的进入,使得肉汤中不能自然产生小生命体^[2-3]。为了反驳这种质疑,巴斯德巧妙利用曲颈瓶进行实验,使得不限制“活力”进入的前提下又能防止空气中微生物的进入。

讨论中很多学生提到了实验严谨性的重要性。学生指出虽然内达姆的结论是荒唐的,但这也是通过实验和观察得到的;得到错误结论的原因就是不严谨的实验设计,没有考虑产生此结果的其他可能性。讨论过程中,教师让学生思考促进实验设计严谨性的驱动力是什么,并进一步引导学生讨论怎样看待质疑你结果的人。通过这些讨论,学生理解了对自己实验的质疑恰会使人避

免得到错误结论, 并且是使实验变得更严谨的重要驱动力。反之, 那些明知你实验中存在瑕疵而不说的人, 实际上是不关心你。因此, 要欢迎别人的质疑, 通过采用更严谨的实验来验证或消除他人质疑。讨论过程中, 也有学生提到此道理不局限于科研, 在平时工作中也应该把别人质疑和批评变为提高工作质量的驱动力。

进一步询问学生巴斯德实验有没有缺陷? 当时条件下若你重复巴斯德实验时发现有些曲颈瓶中的肉汤加热后也会变混浊的现象, 你会怎么判断? 是认为自己实验失败需重新做实验, 还是深入追究其原因, 因而发现产芽孢的微生物? 通过这些交流, 让学生明白有些看似失败的实验, 有时可以帮助人得到比成功的实验更重要的成果。例如, 青霉的发现就是一个很好的例子。那么, 与预期不一样的结果越多是否获得新成果的几率越高? 通过讨论, 学生能认识到关键是实验的重复性, 即便发现跟预期不一样的现象, 但若不能取得重复的实验结果, 则无法进行深入研究, 而提高实验重复性的关键是严谨的实验习惯以及详尽的实验记录。

通过这些不同侧面的独立思考和讨论, 从较熟悉的一个曲颈瓶实验, 可以让学生深入思考科学态度和科学方法。

2.2 让学生认识科学发展规律, 学会批判性接受知识

在讲授微生物学发展史后, 让学生进一步思考科学发展规律。新的发现是基于现有的知识, 但突破现有知识的教条, 才能正确理解新的发现, 并把认识提高到新的层面。例如: 酶的发现是跨越了当时“有微生物才能发酵”的认识; 病毒的发现跨越了“感染源不能通过细菌滤器的”的认识; 朊病毒的发现更是突破了“感染源必须含核酸”的认识才实现的。

在引导学生阅读教科书或论文时, 强调必须注意看到的结论可能只在特定范围内成立。就像“井底之蛙”一样, 跳出井之前以为自己看到的是

整个天; 而且更要注意的是, 自认为早已从井底跳出时, 可能还在新的一层井底。这些认知过程特点的认识, 将帮助学生培养科学研究和思考习惯。

为了加深学生的认识, 讲课中还结合教师自己的实际科研经历。我们实验室通过基于高简并引物两步 PCR 方法从各种环境样品中同时分析氨氧化/甲烷氧化微生物核心功能酶基因多样性时, 发现一类以前被忽视的微生物种类相关功能基因含量特别高, 经查阅文献, 发现在 2016 年 *PNAS* 文章中指出这是奇异的颗粒性甲烷单加氧酶^[4]。因此我们申请自然科学基金项目, 并投入大量精力在各种有氧和无氧的甲烷氧化条件下试用富集培养含有这类特殊功能酶的微生物。实验虽然失败, 但是以加氨来替代甲烷时发现我们关注的功能基因类型的量却明显增加, 表明我们所关注的功能酶所对应的是氨氧化功能, 不是甲烷氧化功能^[5]。当时投入很大精力和时间尝试在甲烷氧化条件下富集我们关注的功能基因类型对应的微生物时之所以没有考虑其他可能性, 其主要原因是盲信了顶尖杂志的文章。通过这个案例告诉学生, 培养批判性思维能力极为重要。

2.3 让学生认识微生物学科的发展潜力

微生物学发展史不仅包括早期的微生物学发展历史, 也包括最新的发展和以后的发展趋势。我们在多年的教学过程中发现, 有些学生对微生物学存在错误的认知, 认为微生物学是一个老学科, 不属于生物学前沿, 自己不愿意从事微生物学相关的研究, 因此失去对微生物学的学习兴趣。为了扭转这些错误认识, 在讲授微生物学发展史时, 我们重点强调微生物学科发展的新热点。随着组学技术和高通量测序技术的发展, 微生物学研究对象已从仅基于分离培养的微生物扩展到多种微生物混在一起的微生物组 (microbiome), 特别是人体肠道微生物组跟各种消化道疾病和代谢疾病的关系研究, 已越过微生物学并成为医学和生物医药的新热点。另外, 依据

遗传学、酶学、组学的发展过程给学生强调这些领域都以微生物为研究对象开始并发展。同时, 现在很热门的合成生物学、定量生物学以及进化实验等相关研究也主要以微生物为对象来进行。通过这些微生物学发展潜力的说明, 让学生知道教材上所说的“微生物学的成熟期”是相对的, 现在是微生物学新层次的快速发展期。

3 借由微生物的五大共性, 帮助学生建立课程知识框架

3.1 微生物五大共性之间的联系

一般认为微生物学这门课知识点多, 知识点之间的联系和系统性较弱。但微生物学五大共性及其逻辑关系可帮助学生建立微生物学课程教学内容的基本框架(图 1)。

微生物, 顾名思义, 其第一特点是小。因为小, 其比表面积大, 这就是微生物的第一共性“体积小, 比表面积大”。巨大的比表面积, 使得营养物质的吸收和代谢废弃物的排泄更容易, 促进物质的代谢过程, 这就是微生物的第二共性“吸收多, 转化快”。营养物质的大量吸收和代谢过程中

产生的大量中间代谢产物和能量, 为微生物的快速生长提供了基础; 而且, 微生物在生长过程中细胞体积的差异仅在数倍程度, 微生物细胞中各组分的量增加到一定程度后会引发细胞分裂, 即繁殖。因此微生物的群体生长主要依赖于个体的繁殖, 快速的细胞物质合成促进了生长, 并进一步促进繁殖, 这就是第三共性“生长旺, 繁殖快”。微生物的快速繁殖使得微生物数量在短时间内快速增加, 产生巨大数量的微生物细胞。虽然微生物细胞变异率并不比植物或动物细胞高, 但极快的繁殖速度和巨大的细胞数量使得微生物在短时间内可产生出较多变异后代。因此, 环境变恶劣时也有一些微生物通过变异来适应环境变化, 这就是微生物的第四共性“易变异, 适应强”。因适应性强, 微生物可在各种极端环境中生存, 包括几百度高温的海底热液口以及常年积雪表面, pH 0.6 的酸性环境到 pH 12.0 以上的碱性环境等; 而且微生物的易变异和各种环境条件的适应性, 使得微生物种类多, 并随着基于基因组的微生物系统分类体系的建立将确认出更多的微生物种类, 这就是微生物的第五共性“分布广, 种类多”。

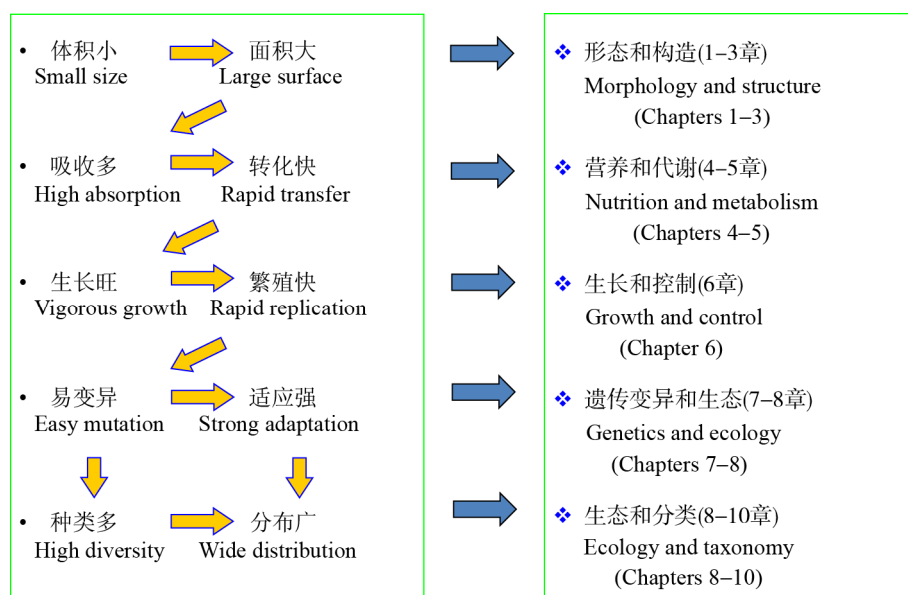


图 1 微生物的五大共性和微生物学教材(周德庆的《微生物学教程》^[6])章节之间关系

Figure 1 Relationship of five commonalities of microorganisms and the textbook of microbiology (Essential Microbiology^[6] compiled by ZHOU De-Qing)

多”。从这里可以看到,微生物的五大共性就是微生物的“微小”特点所决定的,而且这五大共性之间存在严谨的逻辑关系。

讲授微生物的五大共性时跟学生强调,这五大共性并不是所有微生物的共性,随着人们对微生物的认识增多,发现更多不符合共性的特例。例如:最大细菌纳米比亚嗜硫珠菌的发现,打破了“微生物细胞只在微米级”的认识;厌氧氨氧化菌倍增时间达一周以上,打破“微生物繁殖速度快”的共性特点。但这些特例并不说明所讲的微生物的五大共性有不妥,反而使我们通过进一步了解这些特殊微生物的特点更深入地理解微生物共性。这些特例的说明,将帮助学生提高辩证思维能力。

3.2 微生物五大共性与微生物学课程内容间关系

微生物的五大共性是微生物各个方面特点的核心,也是通过微生物学这门课程要学习的主要内容框架(图 1)。按周德庆编著的《微生物学教程》^[6],微生物第一共性“体积小,面积大”所对应的是微生物形态和结构特点,主要在第一章(原核生物)、第二章(真核生物)和第三章(病毒)中学习;微生物第二共性“吸收多,转化快”所对应的是微生物代谢过程,主要在第四章(营养需求)和第五章(代谢过程)中学习;微生物第三共性“生长旺,繁殖快”所对应的是微生物生长,主要在第六章(生长和控制)中学习;微生物第四共性“易变异”所对应的是微生物遗传和变异,主要在第七章(遗传变异和育种)中学习,微生物第四共性中“适应强”和第五共性中“分布广”主要在第八章(生态)中学习;微生物第五共性中“种类多”主要在第十章(微生物的分类和鉴定)中学习。第九章(传染与免疫)主要关注的是微生物对宿主(主要是人体)的影响(传染)和宿主对微生物的反馈(免疫),广义上也属于微生物生态的范畴。

我们把微生物五大共性和微生物学课程中要

学的内容建立了上述的对应关系,从而使学生初学微生物学课程时就建立一个整体框架。

4 结束语

独立思考和系统性学习是认知过程中必须养成的习惯。微生物学教学除了传授知识,还要帮助学生掌握科学方法论。作为微生物学课程的第一堂课,“绪论”的教学将对整个学期教学的成败起着关键作用。“绪论”教学和讨论中的科学发展规律和方法论的接触,可鼓励学生在后续的微生物学教学中主动学习和思考。通过“绪论”的学习,学生可以在微生物五大共性的基础上建立微生物学这门课程各章节内容的大框架,在以后的学习中易于把一个个知识点放进该框架中,达到系统性学习的目的。当然,对学生的独立思考和系统性学习能力的培养,不应局限于“绪论”,更需贯彻到整个微生物学教学的每堂课。

REFERENCES

- [1] Liu MQ. Application of Presentation-Assimilation-Discussion (PAD) class in Microbiology teaching[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 730-734 (in Chinese)
刘明秋. “对分课堂”教学模式在微生物学教学中的应用[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 730-734
- [2] Capanna E. Lazzaro spallanzani: at the roots of modern biology[J]. Journal of Experimental Zoology, 1999, 285(3): 178-196
- [3] Mancini R, Nigro M, Ippolito G. Lazzaro Spallanzani and his refutation of the theory of spontaneous generation[J]. Le Infezioni in Medicina, 2007, 15(3): 199-206
- [4] Stoecker K, Bendinger B, Schöning B, et al. Cohn's *Crenothrix* is a filamentous methane oxidizer with an unusual methane monooxygenase[J]. Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America, 2006, 103(7): 2363-2367
- [5] Quan ZX. Seeking of complete nitrifiers: finding of novel functional microorganisms driven by gene sequence[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2018, 32(5): 479-484 (in Chinese)
全哲学. 追寻全程硝化菌之路: 基因序列驱动的新功能微生物的发现[J]. 中国科学基金, 2018, 32(5): 479-484
- [6] Zhou DQ. Essential Microbiology[M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2011 (in Chinese)
周德庆. 微生物学教程[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2011