

## 微生物学教学中大学生科学探究与创新意识培养的教学案例

袁生\*

(南京师范大学生命科学学院 江苏 南京 210046)

**摘要:** 从若干具体教学案例出发, 介绍如何在微生物学教学中倡导科学研究方法思想: 观察现象, 提出问题, 进行假说, 科学实验, 形成理论; 注意介绍重要生物学里程碑事件或重大理论突破的发现和证明的科学探究过程, 帮助学生建立创新意识。另外, 结合自身科研实例开展教学工作, 并在考试中注重考察解决实际问题的能力。

**关键词:** 创新意识, 微生物学, 科学研究方法, 课堂教学, 教学改革

### Some teaching cases of cultivation of university students' sense of scientific inquiry in Microbiology instruction

YUAN Sheng\*

(College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210046, China)

**Abstract:** This article presents several teaching cases in which the author describes how indoctrinate the students with “Scientific inquiry” (observations, question, hypothesis, experiments, theory) when teaching microbiological knowledge. During Microbiology instruction the author pays his attention to describe the scientific inquiry process of the discovery and proof of some milestone events or theories in microbiologic fields to help students establish a sense of innovation. The author also shows his own scientific research results as teaching examples to students in his instruction, and emphasizes to test the students' ability to solve practical problems in the examination of students.

**Keywords:** Sense of innovation, Microbiology, Scientific inquiry, Classroom instruction, Teaching reformation

近些年在多个不同场合被要求谈谈如何在微生物学课堂教学过程中, 注意培养学生的创新意识。这里, 以课堂案例的形式介绍自己一些探索和做法, 和读者进行交流和讨论。

在讲授微生物发现史时<sup>[1]</sup>, 先介绍荷兰人列文虎克(Antony van Leeuwenhoek)利用自制的“显微镜”发现了前人所没有看到的微生物。这样就产生了这些微生物的起源是什么的问题(What)? 当时有

**Foundation item:** Fund for Fostering Talents in Basic Science of the National Natural Science Foundation of China (No. J1103507, J1210025)

\*Corresponding author: Tel: 86-25-85891067; E-mail: yuansheng@njnu.edu.cn

**Received:** July 07, 2015; **Accepted:** September 07, 2015; **Published online** (www.cnki.net): November 10, 2015

**基金项目:** 国家自然科学基金国家基础科学人才培养基金项目(No. J1103507, J1210025)

\*通讯作者: Tel: 86-25-85891067; E-mail: yuansheng@njnu.edu.cn

**收稿日期:** 2015-07-07; **接受日期:** 2015-09-07; **优先数字出版日期**(www.cnki.net): 2015-11-10

两种假设在争论,一种“自然产生说”,认为微生物是从非生命的有机质中通过化学反应自发产生;另一种“种子说”,认为微生物也像其它有机体一样是由母体产生的。为什么微生物是产生于种子而不是化学反应(Why)?这时就介绍意大利人 Spallanzani 设计实验去证明这种假设,将两个同样盛装肉汤的长颈烧瓶加热灭菌后,一个火焰封口密闭,一个敞口直接暴露空气中,结果加热后封口的长颈瓶内肉汤因杀死了原有微生物种子就不再产生微生物腐败,而未封口的长颈瓶中肉汤因空气中微生物种子落入导致微生物生长而腐败。但 Spallanzani 使用的是密闭长颈瓶,与空气中的氧气隔绝,一些“自然发生说”拥护者因而质疑产生微生物的化学反应因缺氧受到了抑制。然后介绍法国科学家巴斯德(Pasteur)针对质疑,改用曲颈瓶盛装肉汤,当肉汤加热灭菌后,细长弯曲瓶颈既能保持空气畅通,又能阻挡黏附空气中落入的微生物,结果肉汤果然不腐败产生微生物,而将曲颈折断的曲颈瓶放置后则腐败产生微生物,这样彻底否定了微生物“自然发生说”,解释了微生物如何产生的问题(How)。因而我水到渠成地引出科学研究方法<sup>[2-3]</sup>:观察:现象;提出问题:什么?为什么?如何?进行假说:以解释所观察到现象;科学实验:验证假设是否成立;形成理论:修改完善假说。

接着在介绍德国微生物学家柯赫(Koch)对疾病病原微生物理论做出了重要贡献时,也不是简单地罗列成就,而是着重说明科学研究方法在柯赫定律确立过程中的作用。他在研究炭疽病和结核病的过程中首先要确立传染病的病原体是什么?为什么说是某一种菌而不是其它菌是该传染病的病原体?以及该病原体是如何导致疾病的发生?结果导致他建立了一套如何确定某种微生物是引起某种疾病的特定病原体的一套规程,又被称作“柯赫定律”,即:(1)可疑的致病微生物必需要在所有感染病例中都被发现;(2)致病微生物必须能够以纯培养的形式分离出来;(3)分离获得的致病微生物

接种到敏感动物体内必定能够引起疾病发生;(4)该致病微生物必须要能够以纯培养的形式从人工感染动物中分离得到。这部分讲完,当堂布置课程的第一次课外思考作业:校园发生了一起突发性传染疾病,你能够假设是什么原因导致的吗(What)?随后,在讲完细菌、真菌和病毒几章内容后,布置跟进作业:如果你是前往校园调查的疾病控制中心专家,如何设计实验证明你的假设?(致病原因?如何传染?)

在讲授微生物遗传物质基础时,考虑到学生在中学时就已经了解生物遗传物质在细胞生物中是DNA,而在RNA病毒中是RNA,我们把讲课重点放在介绍遗传物质的发现和证明的科学探究过程<sup>[4]</sup>,进一步帮助学生建立科学研究方法。如首先介绍1928年,英国科学家Griffith发现单独不致病的肺炎链球菌R型活细胞当与加热杀死的S型细胞混合注射到小鼠体内,可使小鼠受感染死亡,从死鼠中还分离到活的S型细胞,这种菌体细胞获得遗传性状改变的现象称为细菌的转化。接着就介绍美国科学家Avery针对Griffith工作创造性地提出了哪一种细胞成分参与了遗传性状的传递问题。1944年Avery对S型菌株进行了细胞组分分离纯化,结果表明只有S型细菌的DNA才能将肺炎链球菌的R型细菌转化为S型细菌,证明了DNA是转化因子。如果这个原理是真实的,那么它应该适用于所有同类型生物。1952年美国科学家Hershey和Chase采用主要由蛋白质和核酸组成的噬菌体作为研究材料,利用放射性 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ 或 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ 分别标记T2噬菌体,通过侵染不带有 $^{32}\text{P}$ 和 $^{35}\text{S}$ 的大肠杆菌检测放射性同位素在细胞内外的分布,结果证明噬菌体DNA中带有包括合成蛋白质衣壳在内的整套遗传信息。沃森-克里克(Watson-Crick)随后提出的DNA双螺旋结构模型则解决了DNA是如何储存和传递遗传信息的问题<sup>[5]</sup>。那么不含DNA而含RNA的病毒粒子的遗传物质是什么呢?1956年Fraenkel-Conrat选用含RNA的烟草花叶病毒(TMV)

和另一种与 TMV 近缘的霍氏车前花叶病毒(HRV)进行病毒重建实验,结果说明重组病毒的遗传性状取决于 RNA 而不是蛋白质。通过这些科学发现和证明的科学探究过程介绍,帮助学生确立敏锐地发现问题、富有创意地科学假设、开创先河地探索实验在创新研究中起着十分重要的作用。

在讲授化学治疗剂的作用原理时,根据教材<sup>[4]</sup>,主要介绍了那些常用的作用于细菌的抗生素如何根据细菌与人类在细胞结构、化学组成、代谢途径及酶蛋白等方面的不同,选择性地作为细菌细胞壁合成抑制剂、蛋白质合成抑制剂、核酸合成抑制剂、细胞膜裂解剂、代谢拮抗剂而发挥化学治疗剂作用。接着不失时机布置了一个课后作业:如何根据抗细菌抗生素的作用原理,选择真菌和病毒特殊作用靶标筛选新的抗真菌或抗病毒的化学治疗剂?在下一课堂上,就这一作业组织学生进行课堂交流讨论,不但使学生加深了解了真菌和病毒与人类在细胞结构、化学组成、代谢途径及酶蛋白等方面的差异,更重要的是体验了如何用所学知识进行创新思维,指导创造发明工作。

在讲授微生物碳源时,首先展示了自己已发表论文中的一个表格数据(表 1)<sup>[6]</sup>,给学生 1-2 min 思考,然后课堂讨论从中可得出那些结论。结果,学生们基本都能从中得出不同碳源影响微生物生长和微生物生产性状的结论。我就进一步将讨论引向深入,这是由于不同微生物代谢途径不一样,对不同碳源的利用能力不一样造成的,所以对于新分离纯化的微生物,或不知道其培养特性的微生物,要先通过优化培养条件研究确定其最适碳源。

另外,我们认为,创新离不开对所学知识的融会贯通和学以致用,创新从某种意义上来说,就是利用所学知识去解决前人所没有解决的问题或别人没有想到的问题,因而在微生物学课程考试中特别注意提高学生综合利用所学知识解决实际问题的能力。以南京师范大学 2014 年“微生物学”课程期末试卷为例:

表 1 碳源对恶臭假单胞菌 NA-1 菌株生长和烟酸羟基化酶形成的影响

Table 1 Effect of different carbon sources on cell growth and nicotinic acid hydroxylase formation of *Pseudomonas putida* NA-1

碳源 Carbon source	生物量 Biomass (g/L)	酶活 Enzyme activity (U/mL)
Citric acid	3.99	0.306
Malic acid	3.73	0.370
Succinic acid	4.43	0.041
Glucose	0.37	0.001
Sucrose	1.99	0.199
Maltose	2.16	0.221
Fructose	4.31	0.313
Soluble starch	2.14	0.244
Tartaric acid	2.47	0.233

一、是非题(20 分,每题 1 分)

二、选择填空题(20 分,每空 1 分)

三、填空题(20 分,每空格 1 分)

四、看图填空题(20 分,每空格 1 分)

五、问答题(20 分,每题 5 分)

1. 根据遗传学理论和技术提出一种改善某菌株的淀粉酶生产能力的研究方案。

2. 如何确定新分离获得菌株的培养条件。

3. 要调查土壤所有微生物的组成和多样性,如何制定你的研究方案?请给出理由。

4. 如何将大肠杆菌和金黄色葡萄球菌混合菌分离开来,并确认所分离菌株分别是大肠杆菌和金黄色葡萄球菌。

从上可见,除了一至四客观题外,第五题问答题全部是由实际研究工作中可能遇到的问题所组成,摒弃了早期问答题基本上由死记硬背的题目所构成的做法。就是要学生能够开动脑筋,将所学知识灵活用于解决这些问题。题目的正确答案,也不只是一种,只要言之有理,能够解决问题就可以。

由于我们在课堂教学中注意学生创新意识的培养,大大提高了大学生的科研创新创业能力。

2012–2014 年间我院获得的 22 项江苏省及全国大学生创新创业训练计划项目中, 14 项是与微生物学相关的课题; 2010 年以来获得的 4 项省级及全国大学生挑战(创业)杯竞赛奖项中, 有 3 项属于微生物学科领域。2011 年我在微生物学课程教学中正式以一定篇幅介绍“科学研究方法”后, 当年学生网上教学评分, 我获得了满分 100 分, 得到学生们对我教学尝试的认可。

## 参考文献

- [1] Willey JM, Sherwood LM, Woolverton CJ. Prescott's Principles of Microbiology[M]. 8th Edition. New York: McGraw-Hill, 2011
- [2] Pommerville JC. Alcamo's Fundamentals of Microbiology[M]. 9th Edition. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 2011
- [3] Cowan MK. Microbiology, a Systems Approach[M]. 3rd Edition. New York: McGraw-Hill, 2011
- [4] Yuan S. Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2009 (in Chinese)  
袁生. 微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009
- [5] Watson JD, Crick FHC. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid[J]. Nature, 1953, 171(4356): 737-738
- [6] Lu WH, Wang X, Xu L, et al. Induction of nicotinic acid hydroxylase activity of *Pseudomonas putida* NA-1 and optimization of transformation conditions[J]. Acta Microbiologica Sinica, 2005, 45(4): 551-555 (in Chinese)  
陆伟宏, 王鑫, 徐莉, 等. 恶臭假单胞菌 NA-1 菌株烟酸羟化酶活性的诱导和转化条件的研究[J]. 微生物学报, 2005, 45(4): 551-555

## 稿件书写规范

### 高校教改纵横栏目简介及撰稿要求

“高校教改纵横”栏目, 是中国微生物学会主办的科技期刊中唯一的教学类栏目, 也是中国自然科学核心期刊中为数不多的教学栏目。该栏目专为微生物学及其相关学科领域高校教师开辟, 一方面为高校微生物学学科的教师提供一个发表论文的平台, 同时微生物关联学科的一部分确实优秀的论文也可以在此发表, 是微生物学及相关领域教学研究、交流、提高的园地。

本栏目的文章有别于其他实验类研究报告, 特色非常鲜明。要求作者来自教学第一线, 撰写的稿件内容必须要有新意、要实用, 不是泛泛地叙述教学设计与过程, 而是确实有感而发, 是教学工作中的创新体会, 或者在教学中碰到的值得商榷的、可以与同行讨论的有价值的论题。在内容选材上应该有鲜明的特点和针对性, 做到主题明确、重点突出、层次分明、语言流畅。教师的教学思路应与时俱进, 注意将国内外新的科技成果和教学理念贯穿到教学之中, 只有这样才能真正起到教与学的互动, 促进高校生物学教学的发展, 更多更好地培养出国家需要的高科技创新人才。这也是本栏目的目的所在。

同时, 为了给全国生物学领域的教学工作者提供一个更广阔更高层次的交流平台, 本栏目还开辟了“名课讲堂”版块, 邀约相关生命科学领域, 如微生物学、分子生物学、生物医学、传染病学、环境科学等的教学名师、知名科学家就教学和学生培养发表观点, 推荐在教学改革、教学研究、引进先进教学手段或模式以及学生能力培养等方面有突出成绩的优秀论文, 为高校教师以及硕士、博士研究生导师提供一个可资交流和学习的平台, 促进高校教学和人才培养水平的提高。

欢迎投稿! 欢迎对本栏目多提宝贵意见!