

## 基于创新能力培养的“微生物学”研究型教学模式探索

何进\* 唐清 陈雯莉 王莉 端木德强 金安江

(华中农业大学生命科学技术学院 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 微生物学是生命科学的重要组成部分。随着科学技术的飞速发展,微生物学教学内容和教学方法都需要不断革新,以满足高素质人才培养的需求。华中农业大学在微生物学教学过程中积极开展基于创新能力培养的教学改革实践,课堂上通过推崇学科名人,弘扬科学精神;关注社会焦点,激发学习兴趣;引入学科前沿,培养创新意识等积极引导学生学习微生物学相关知识。通过翻转课堂、对分课堂,借助“微助教”微信公众平台等改变传统的教学模式与师生互动的方式,突破学生学习的时空局限,加强师生交流。依托农业微生物学国家重点实验室等高水平的科研平台,鼓励学生进入实验室运用微生物学知识开展科研实践,引导学生参加各类竞赛,实现理论知识学习向实践创新能力的转化。总之,学生不仅能够在“微生物学”课堂上牢固地掌握微生物学知识,创新思维也得到锻炼,创新能力显著增强。

**关键词:** 微生物学教学, 教学改革, 创新能力培养, 研究型教学, 科研实践

## Exploration of research-oriented Microbiology teaching model based on innovative creativity

HE Jin\* TANG Qing CHEN Wen-Li WANG Li DUANMU De-Qiang JIN An-Jiang

(College of Life Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

**Abstract:** Microbiology is an important part of life sciences. With the rapid development of science and technology, the teaching content and teaching methods of microbiology need to be constantly updated to meet the requirement of high-quality personnel training. In the teaching of microbiology, Huazhong Agricultural University has been actively carrying out the teaching reform practice based on the cultivation of innovative ability. We have tried to promote students' scientific spirit in the classroom through the respect of academic celebrities, through paying more attention to the social focus to stimulate learning interest, through introducing cutting-edge disciplines, training and innovation awareness to actively guide students to learn the relevant knowledge of microbiology. By flipping the classroom and divided class, with the help of “micro-teaching aids” WeChat public platform, we have challenged the traditional teaching model to enhance the interaction between teachers and students and to break the limitations of time and space of student learning to strengthen

**Foundation items:** Teaching Research Project of Higher Education in Hubei Province (2014168); Teaching and Research Project of Huazhong Agricultural University (2014B15)

\*Corresponding author: E-mail: hejin@mail.hzau.edu.cn

**Received:** October 31, 2017; **Accepted:** January 29, 2018; **Published online** (www.cnki.net): February 01, 2018

**基金项目:** 湖北省高等学校教学研究项目(2014168); 华中农业大学校级教学研究项目(2014B15)

\*通信作者: E-mail: hejin@mail.hzau.edu.cn

**收稿日期:** 2017-10-31; **接受日期:** 2018-01-29; **网络首发日期**(www.cnki.net): 2018-02-01

exchanges between teachers and students. Depending on the State Key Laboratory of Agricultural Microbiology and other high-level research platform, we have further encouraged students to enter the laboratory with microbiological knowledge to carry out scientific research practice, guide students to participate in various competitions, in order to transform the theoretical knowledge into practical innovation ability. In short, students can not only firmly grasp the knowledge of microbiology in the classroom, but also get trained in their innovative thinking to significantly enhance their creativity.

**Keywords:** Microbiology teaching, Teaching reform, Cultivating innovation ability, Research-based teaching, Research practice

中国特色的社会主义建设进入了新时代,我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡、不充分的发展之间的矛盾。同时,我国高等教育已经步入了以质量提升为核心的内涵式发展的新常态。近年来,随着大型开放式网络课程(Massive open online courses, MOOC)——慕课<sup>[1]</sup>、小规模限制性在线课程(Small private online course, SPOC)<sup>[2]</sup>、翻转课堂(Flipped classroom)<sup>[3]</sup>、对分课堂(Presentation-assimilation-discussion)<sup>[4]</sup>、“微助教”<sup>[5]</sup>等新的教学方式与传统课堂的融合,教学理念、教学方法、教学手段以及学生的学习方式等都在不断创新,涌现了多元化的教学法。这些不同形式的教学改革都在尝试走出传统课堂教学中教师满堂灌、师生互动少、学生主动性不足、评价考核方式单一等困境,迈向以提高学生学习兴趣和参与度,提升学生创新能力为导向的内涵式发展轨道上来。

“微生物学”作为生命科学领域的专业基础课,是多数高等院校生物类专业的必修课,也是现代高新生物技术的理论基础。微生物学在很长时期内引领生命科学的发展,不仅揭示了生命科学的众多基本规律,而且在医药、农业、发酵工业以及环境保护方面做出了不可磨灭的贡献。在人类社会持续、健康的发展中,微生物学仍将居于举足轻重的地位。在医疗卫生方面,抗生素滥用造成了多种耐药病原微生物肆虐的现象;目前艾滋病、结核病、病毒性肝炎等依然是世界性的医学难题;人类对病毒性流行感冒的不定期暴发仍然束手无策。在农业面源污染控制方

面,还需要合理利用微生物来更好地实现“一控、两减、三基本”的目标。合成生物学与代谢工程的兴起与发展极大地提升了发酵工业的效率及微生物产品的多样性。而在环境保护与可持续发展方面,如何最大限度地依靠与利用无所不能的“分解者”也是人类目前面临的主要问题。所以,未来微生物学人才需具备以下特点:(1)拥有宽广、坚实的微生物学基础知识体系;(2)掌握微生物学的基本操作技能,熟悉先进的研究方法与技术;(3)具备分析科学问题及解决实际问题的能力。为了培养微生物学及相关学科的优秀接班人,我们根据华中农业大学的实际状况,在微生物学教学实践中采取了以提高学生创新能力为导向的研究型教学模式。

## 1 华中农业大学“微生物学”教学发展状况与特色

华中农业大学“微生物学”课程由已故中国科学院院士、著名土壤微生物学家、农业教育家陈华癸教授于20世纪50年代创建,依托于华中农业大学微生物学国家重点学科,经过几代教师的教学实践和创新改革,建成了以国家精品资源共享课程“微生物学”为龙头的课程群。

微生物学教学覆盖我校生物科学、生物技术、生物工程、食品科学与工程、食品质量与安全、生物信息学、应用化学、环境科学与工程类、植物科学、农学、种子科学与工程、植物保护、园艺、设施农业科学与工程、茶学、能源与动力工程、张之洞班等17个专业近60个教学班

级。形成了3个层次的模块课程:“微生物生物学”(适用于生物科学专业)包括56学时理论课;“普通微生物学”(适用于生物技术、生物工程、食品科学与工程、食品质量与安全4个专业)包括48学时理论课;与这2门课程相配套,另外单独开设40学时“微生物学实验”课程;而“基础微生物学”则整合了28学时理论课和20学时的实验课,适用于其他专业。

华中农业大学“微生物学”课程采取团队式教学,由5位教授、9位副教授和2位讲师组成,保持“老、中、青”相结合的传统,坚持“传、帮、带”的理念,践行“严谨、求实”的教学风格。针对教学中出现的问题,定期举办教研活动,交流教学经验,研讨教学方法。多年来坚持集体备课,互相听课,进行教学名师课堂观摩,并定期举行实验操作培训。这些措施显著地提高了教学效果,近几年,获得校教学质量优秀奖一等奖3人次、获校青年教师讲课竞赛奖多人及校教学质量优秀二、三等奖。

## 2 微生物学教学目前存在的问题

目前,微生物学教学仍然存在一些共性的问题。主要表现在:(1)学生学习兴趣不大,课堂内外参与度低;(2)由于知识更新速度快,部分教学内容与科研及应用现状脱节;(3)学生实验动手能力差,分析问题和解决问题方面的训练严重不足。为了解决微生物学在教与学方面出现的这些问题,我们在教学方式方法上进行了一系列的改革和探索。

## 3 基于学生创新能力培养的微生物学教学实践

### 3.1 推崇学科名人,弘扬科学精神

微生物学历史悠久,在发展过程中涌现出了很多经典的人物和故事,而这些内容很容易引起学生的学习兴趣。我们在课堂上根据课程相关内容同步推出相关科学史和人物专题,介绍某一领域的创立以及相关杰出微生物学家的开创性

工作。

例如,我们设置了一个微生物学家专题,课堂上做概要讲述,课后要求学生观看获得奥斯卡金像奖的电影《The story of Louis Pasteur》(翻译为《万世流芳》),用轻松的方式了解路易斯·巴斯德(Louis Pasteur, 1822–1895)的灿烂人生与对科学的巨大贡献。

在课堂上还重点介绍了罗伯特·科赫(Robert Koch, 1843–1910)、卡尔·乌斯(Carl Woese, 1928–2012)等微生物学家的丰功伟绩,让学生了解微生物学科的发展历程。

同时在课堂上介绍我国科学家汤飞凡、伍连德的事例。要求学生们在课外观看《衣原体之父——汤飞凡》([http://www.iqiyi.com/w\\_19rt7laxe1.html](http://www.iqiyi.com/w_19rt7laxe1.html))、《百年湘雅第4集:汤飞凡》([http://www.iqiyi.com/v\\_19rrly6dso.html](http://www.iqiyi.com/v_19rrly6dso.html))等纪录片,了解汤飞凡首次分离出沙眼衣原体,并对中国生物制品事业的发展所做的不可磨灭的贡献。推荐学生课后观看30集电视连续剧《浴火危城》([http://www.iqiyi.com/a\\_19rrhc3y11.html?vfm=2008\\_aldbd](http://www.iqiyi.com/a_19rrhc3y11.html?vfm=2008_aldbd))(曾在中央电视台第8套电视剧频道播出),了解中国防疫事业的先驱伍连德临危受命,战胜特大鼠疫,拯救哈尔滨人民的故事。

### 3.2 关注社会焦点,激发学习兴趣

微生物与人类生存和发展息息相关,与微生物学相关的事件往往也能成为社会热点。我们在教学中及时将社会热点与课堂对接,能极大地激发学生的学习与科研兴趣,将被动灌输转化成学生的主动关注。例如“微生物组”无疑是目前微生物学研究的热点。2016年5月13日美国政府正式宣布启动国家微生物组计划(National microbiome initiative),投资了1亿2千万美元,高校、企业 and 非政府组织又继续投资了4亿美元。该项目旨在推进对微生物世界的认知,并将成果应用于人类健康、卫生保健、食品生产和环境保护等领域,其重大意义可同人类登月计划相媲美。中国科学院的微生物组计划也已于2017年12月20日启动,

目前已经在我国的微生物学界掀起了一轮科研热潮。我们在原核微生物分类与微生物生态课堂上分别介绍了微生物菌群(Microbiota)及微生物组(Microbiome)的概念,而且介绍了人体肠道微生物菌群与人体、植物根际微生物菌群与植物的相互作用,以及微生物组的重要性。而且提出了“肠道微生物与夫妻相的关系”、“肠道微生物与人体健康”、“肠道微生物如何影响精神疾病”等开放式讨论课题。部分学生对人体肠道微生物表现出极大的兴趣,在课程结业时撰写了相关的课程论文。

抗生素滥用使得耐药和多耐药细菌不断出现,多耐药结核分枝杆菌的出现使得结核病卷土重来,给人类的健康造成了极大的危害。面对这样的科学难题,我们在“微生物学”课堂上讲述抗生素的作用机制及细菌对抗生素的抗性机制后,通过小组讨论,启发学生对控制抗生素滥用、抗击“超级细菌”提出自己的见解。在“科普”的同时,特别强调生物专业大学生的历史责任感和社会使命感。

2015 年度诺贝尔生理医学奖一半授予爱尔兰科学家威廉·坎贝尔(William C. Campbell)和日本科学家大村智(Satoshi Omura),以表彰他们在创新蛔虫疗法方面的贡献;另一半授予了中国科学家屠呦呦,以表彰她在治疗疟疾方面的贡献。诺贝尔生理医学奖揭晓后,我们在“微生物学”课堂上及时介绍了日本微生物学家大村智凭着对科研的兴趣,日常携带小塑料袋用来采土样,最后从阿维链霉菌中分离出了具有广谱杀菌、杀虫和杀螨效果的阿维菌素的事例,极大地鼓舞了学生们学习微生物学的热情。

学生一致认为,分析社会热点、推崇科学名人可使他们更轻松、更牢固地掌握知识。由教师在课堂上引导使学生产生的科研兴趣是一种强大的势能,可以转化为推动学生成为科学家的原动力。

### 3.3 引入学科前沿,培养创新意识

目前,科学技术日新月异,微生物学教学更应把握时代脉搏,紧跟学科前沿,注重前瞻性和

实用性,以启迪学生的创新思维。在教学中,我们结合兄弟院校的教学经验<sup>[6]</sup>,引入了最新科研成果和具体科研实例,培养学生的创新意识。

案例一,硝化细菌的鉴定。一个世纪以来,我们把由氨氧化微生物[包括氨氧化细菌 Ammonia-oxidizing bacteria (AOB)、氨氧化古菌 Ammonia-oxidizing archaea (AOA)]和亚硝酸盐氧化细菌[Nitrite-oxidizing bacteria, NOB)]两类不同功能微生物分别主导的分步硝化过程当成唯一的硝化途径来学习和研究。直到 2015 年底,直接将氨一步氧化为硝酸盐的微生物,即全程氨氧化微生物(Comammox)<sup>[7]</sup>被分离鉴定,拓展了我们对硝化细菌的认识。

案例二:溶原性噬菌体和烈性噬菌体的转换机制。 $\lambda$  噬菌体可以通过重组机制使噬菌体基因组整合到寄主染色体上的特定部位,作为寄主染色体的一部分而进行复制,当外界条件改变时,它又会转换成烈性噬菌体,在菌体内增殖并将菌体裂解。而直到 2017 年,Erez 等<sup>[8]</sup>研究发现,溶原性和烈性噬菌体的转换过程依赖噬菌体与细菌的相互“交流”。噬菌体在感染初期会产生一种由 6 个氨基酸组成的小肽,该小肽会穿透细菌细胞壁在培养基中聚集,当小肽聚集到一定浓度时,溶原性噬菌体开始向烈性噬菌体发生转变<sup>[9]</sup>。

近年来,CRISPR 基因编辑技术、酵母染色体人工合成等取得了举世瞩目的成就。我们也将这些学科前沿引入课堂,使我们的微生物学教学更能启迪学生的创新思维,培养学生的创新意识。

### 3.4 创新多元教学,夯实基础知识

借鉴国外大学与国内其他兄弟院校的经验,在教学中引入博士研究生助教制<sup>[10]</sup>,能够大大提高课堂效果。我们率先构建了“教师-助教”团队,选拔优秀的博士研究生作为“微生物学”课程助教,主要负责学生课外讨论策划、构建学生和教师之间沟通的桥梁、利用网络平台回答学生在“微生物学”课程学习中遇到的各种问题等。高效的教学团队为我们的教学改革提供了坚实的基础。

翻转课堂是指学生在课外完成知识的学习, 而课堂变成了师生之间及生生之间互动的场所, 包括答疑解惑、课堂讨论、测验及学生汇报等<sup>[3]</sup>。通过几年的课堂实践, 我们发现翻转课堂通过知识分解、翻转教学、过程测评、混合式学习, 重构了更加完善的学习过程, 践行了“以学生为中心”的教育理念, 学生的学习灵活度加大, 教师的教学自由度也相应加大。学生从知识的接受者成为了主动学习者, 实现了从“授之以鱼”向“授之以渔”的转变。

课堂学习不应该只是被动地接收信息, 而应该是思考、讨论、整合, 最终形成自己的认识乃至新思想的过程。我们还引入了复旦大学对分课堂的教学方式<sup>[4]</sup>。一半课堂时间安排教师进行教学内容讲授, 另一半时间分配给学生以小组讨论的形式进行交互式学习。在每一章的学习过程中, 要求学生指出本章一个学习重点和一个学习难点, 让学生转变身份, 成为课程学习的主人。同时, 教师也可以通过学生的反馈, 了解学生较难理解和掌握的内容, 针对性改进教学。

借助“微助教”<sup>[5]</sup>微信公众平台等信息手段, 我们颠覆传统的教学管理和师生互动的方式, 方便学生随时随地学习课程内容、与教师和助教交流科学问题。

“微生物学”课程作业设计和评价体系的改革由塔式题目设计、二元评价体系、档案纪录及评价反馈机制 3 个部分组成, 也能收到很好的效果<sup>[11]</sup>。不再以期末考试成绩作为唯一的评定标准是目前课程考核改革的趋势<sup>[12-13]</sup>。我们的课程考核中, 平时作业和期末考试各占 40%, 经典教材翻译和课程论文各占 10%。这样的课程考核方式使得学生更注重平时的课程学习, 有利于学生自主学习能力的培养和创新思维的形成。其中翻译材料为微生物学的最新版经典教材 *Brock's Biology of Microorganisms* 15<sup>th</sup> 及 *Prescott's Microbiology* 10<sup>th</sup>。在巩固微生物学知识的同时还能学习英文专业词汇。课程论文的选题既与科研前沿或重大科学问

题相关, 例如“CRISPR/Cas9 的研究进展”、“人类结核病的历史与结核病的防治现状”、“肠道菌群与人体健康”、“细菌非编码 RNA”等, 又注重微生物学重点、难点问题, 如“肽聚糖的合成与调控”、“细菌芽胞的形成与调控机理”、“细菌的趋化与运动方式”、“原核生物光合作用特点”等。在撰写课程论文的同时, 最终实现教学由“课程传授”向“知识内化”的转变。

同时, 积极建设师生现场和在线交流平台, 鼓励和引导学生深入讨论问题, 教师和助教现场参与讨论和答疑, 并通过微信群、QQ 群、邮件等方式给出解答, 并补充参考文献或链接, 推动学生深度学习。另外, 将学生害怕的考试变成一个再学习的过程: 出题时将经典原理、最新学科进展和热点问题在考题中做出详细介绍, 让试卷尽可能承载更多信息, 这使得阅读试卷也成为一次绝好的学习过程。实现了“让真正具有创新思维的学生脱颖而出, 同时减轻学生期末考试的压力”的出题宗旨。

### 3.5 加强操作实训, 提高实践能力

微生物学教学的最终目的是学以致用, 所以我们也非常注重实验技能训练及实践能力培养。除认真开设“微生物学实验”课程及“微生物学实习”外, 微生物学教学团队还组织学生参加各类微生物学竞赛。“华中农业大学生物学实验技能竞赛”(微生物学方向)就是由微生物学教研室教师设计的一个综合性大实验项目, 过程涉及各项微生物学基本操作, 要求参赛学生熟练掌握相关操作的原理、流程和步骤, 在生物学国家实验教学示范中心与生物工程实验教学中心等教学平台中独立完成, 根据实验操作过程的规范性、熟练程度和实验结果综合考量, 决定最终名次。除此之外, 学生还可以参加“华中农业大学微生物创意绘画大赛”、“华中农业大学生物工程实验技能大赛”、“湖北省高等学校大学生生物实验技能竞赛”、“大学生生命科学联赛”、“‘挑战杯’全国大学生课外学术科技作品竞赛”和“中国大学生创业计划

竞赛”以及“国际遗传工程机器大赛(iGEM)”等国内外大赛。

我院鼓励学生进入教师的科研团队,在实验室学习实验技能。我校除主讲“微生物学”课程的教师外,还有大量从事“微生物遗传学”、“微生物生理学”、“微生物生态学”、“微生物分类学”、“环境微生物学”以及“代谢工程”、“发酵工程”等课程教学及科研的教师;同时,我校拥有农业微生物学国家重点实验室、微生物农药国家工程研究中心、农业部微生物产品质量监督检测测试中心(武汉)等多个国家和省部级重点实验室等科研平台,因此,学生有充足的机会从二年级,有的甚至在一年级就能找到指导教师并进入高水平实验室进行科研训练。

“学生进实验室体验月”是我院的特色活动,目的是让学生与教师接触,引导学生进入实验室,感受科研氛围,让学生了解课题背景与研究意义,为申请大学生科技创新课题奠定基础。

同时,我院构建了“国家—学校—学院”三级项目体系:国家级项目有国家人才培养基金能力提高项目与国家大学生创新创业训练计划;学校项目是华中农业大学大学生科技创新基金;学院的大学生科技创新基金项目是受众面最广的项目,70%有兴趣的学生可以申请到不同类别的项目进行科研训练。

### 3.6 基于创新能力培养的微生物学研究型教学效果

经过教学团队的不懈努力,我们微生物学教学取得了一系列优秀成果:2013年“微生物学”课程入选国家精品资源共享课程,“微生物与人类生活”视频公开课在爱课程网上线;2016年批准建设“微生物学”慕课,建成“普通微生物学”精品实践课程,《微生物学数字课程》也已由高教育出版社出版。

对学生而言,我们的教学改革提高了学习兴趣,巩固了基础知识,拓展了科学视野,培养了创新能力。教学改革后,期末考试的优秀答卷比例比往年有明显的提升,受到参与学生的一致好评:

88%的学生认为通过课程论文撰写和实验环节让自己的创新思维、创新能力、实验动手能力都得到锻炼和提升;91%的学生认为“翻转课堂”和“对分课堂”能更好地巩固知识;95%的学生认为“微生物学”课程的考核比传统的方式更公平、更科学,更能反映对知识的掌握情况。有学生写到:“我认为这样的改革对我来说很有效果,可以让我对课本知识进行拓展与延伸,可以让我对课本中相关知识的应用潜力有所了解,对课堂中的重点难点内容也有了自己的看法,能够针对性地进行复习与巩固”。特别值得一提的是作业改革,他们十分认可,认为“既能掌握课堂重点知识,又能进行课外前沿知识的拓展,能积极引领我们的思考,这是作业改革的亮点”;“我觉得作业改革很好,能让我们在学完一章内容后及时对基础知识点进行巩固,掌握重点、理解难点,不仅可以巩固知识,也让我们了解更加贴近实际的知识,这不仅是作业,还是学习资料”。

学生在各种竞赛中的获奖比例与质量也大幅度提升,多次在湖北省及全国“挑战杯”中获奖;连续获得湖北省大学生生物实验技能竞赛一、二等奖;连续五年分别以“安全移动疫苗工厂,可重连回路”、“系统集成的一种优雅方式——混合虚实细胞”、“真实和虚拟生物振荡器的双向耦合,增强现实中的生物模式形成:4C同步器”、“计算机控制的细胞周期”为题在iGEM竞赛中荣获金奖。

我们的教学改革也受到华中农业大学本科教学巡视督导组专家、学院教学指导委员会专家及相关教师的肯定。

## 4 微生物学教学未来的发展方向展望

“双一流”建设的号角已经吹响,第四轮学科评估结果也刚刚出炉。以植物学和微生物学为主的我校生物学强势入选“双一流”学科,学科评估也仅次于3所“A<sup>+</sup>”类学校,与其他4所学校并列为“A”类。一流的学科必须要有一流的本科教育与课程教学作为基础,一流的本科教育与课程教学也必

然有力地支撑一流学科的可持续性发展。如何更加有效地将一流的学科平台、一流的师资转化为一流的本科教育与课程教学是我们面临的重要而艰巨的任务。

从国家层面考量,微生物学教学未来要进一步加强平台建设,如创建示范性虚拟仿真实验教学平台,建设一定数量的高水平“微生物学”慕课,组织编写基于现代信息技术的“微生物学”全息电子教材与软件。同时应该积极推进国际、校际合作,共享优质教学资源,使全国各高校的微生物学教学水平更上一层楼。微生物学是一门理论与实践结合的科学,微生物学教学应该继续践行基础知识与实验技能的综合训练,通过更加趣味、更加有效、更加多样的教学方式,最大限度地激发学生的潜能,培养高素质的创新型人才,以推动科技的进步与时代的发展。

## REFERENCES

- [1] Wang WL. The development of MOOC and its influence on higher education[J]. Jiangsu Higher Education, 2013(2): 53-57 (in Chinese)  
王文礼. MOOC 的发展及其对高等教育的影响[J]. 江苏高教, 2013(2): 53-57
- [2] Chen M. The comparison between MooCs and SPOC and development direction[J]. Education Teaching Forum, 2017(51): 272-274 (in Chinese)  
陈美. MooCs 与 SPOC 的比较及发展方向[J]. 教育教学论坛, 2017(51): 272-274
- [3] Chen WL, Hu S. Outside the classroom—teaching reform practices of Microbiology by flipped classroom[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 735-741 (in Chinese)  
陈雯莉, 胡胜. 课堂之外——微生物学“翻转课堂”的改革实践[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 735-741
- [4] 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
- [5] Dang BT. Why does so “electronic teaching assistant” developed by Central China Normal University so popular?[N]. China Education Daily, 2016-12-06(2) (in Chinese)  
党波涛. 华中师大“微助教”为何这样火[N]. 中国教育报, 2016-12-06(2)
- [6] Wang L, Li Y, Lou HQ, et al. Frontier progress enlightens creative thinking—seminars in microbiology[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 834-838 (in Chinese)  
王磊, 李颖, 楼慧强, 等. 以前沿进展启迪创新思维——“微生物学”课程特色专题讲座[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 834-838
- [7] van Kessel MAHJ, Speth DR, Albertsen M, et al. Complete nitrification by a single microorganism[J]. Nature, 2015, 528(7583): 555-559
- [8] Erez Z, Steinberger-Levy I, Shamir M, et al. Communication between viruses guides lysis-lysogeny decisions[J]. Nature, 2017, 541(7638): 488-493
- [9] Abedon ST. Commentary: communication between viruses guides lysis-lysogeny decisions[J]. Frontiers in Microbiology, 2017, 8: 983
- [10] Lu CY, Li YQ, Shi XH, et al. Model exploration on teaching assistant of graduates with innovation practice of Microbiology course[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 742-748 (in Chinese)  
鹿春燕, 李玉倩, 时晓寒, 等. “微生物学”创新实践教学研究生助教模式的探索[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 742-748
- [11] Chen WL, Hu S, Nie HL. Reform practice of assignment design and evaluation system in Microbiology teaching[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 473-479 (in Chinese)  
陈雯莉, 胡胜, 聂海玲. “微生物”学课程作业设计及评价体系的改革实践[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 473-479
- [12] Wu GF. Pay attention to the guiding role of assessment, to improve the education quality in Microbiology[J]. Microbiology China, 2017, 44(5): 1236-1241 (in Chinese)  
吴根福. 利用评价的导向功能, 提高微生物学教学质量[J]. 微生物学通报, 2017, 44(5): 1236-1241
- [13] Han LZ, Xie H, Xin ZH, et al. Improving teaching mode of Microbiology and enhance innovation ability of students[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 815-819 (in Chinese)  
韩丽珍, 谢和, 辛智海, 等. 改进微生物学教学模式 提高学生创新能力[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 815-819