

## 微生物学综合性设计实验教学中存在的问题与探索

魏建宏<sup>1</sup> 罗琳<sup>2\*</sup>

(1. 湖南农业大学生物科学技术学院 湖南 长沙 410128)

(2. 湖南农业大学资源环境学院 湖南 长沙 410128)

**摘要:**“微生物学实验”是高校生物学相关专业的重要基础实践课程之一,是生物学人才必须掌握的基本技能。随着高校教学改革工程的不断推进,各高校纷纷开发综合性设计实验以期提高学生的综合素质和创新能力,提升教学质量。然而,在实际实验教学中仍然存在学生参与性不强、实验操作技能低、实验题目固定及考核方式单一等诸多问题,不但没有达到预期效果,甚至丧失了开设该实验的初衷。本文总结了微生物学实验教学模式的特点,分析了其在教学运行中存在的问题,在总结前人教学经验的基础上,从变换学生的地位、合理安排实验、增加科研型实验项目及教师配备、完善考核方式等方面进行改革探索,以为教学管理部门和授课教师提供参考依据。

**关键词:** 微生物学, 实验, 教学改革, 综合性

## Challenges in the undergraduate course of comprehensive design of Microbiological Experiments

WEI Jian-Hong<sup>1</sup> LUO Lin<sup>2\*</sup>

(1. College of Bioscience and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

(2. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

**Abstract:** Microbiology Experiment is an important basic practical course tailored for university undergraduates with biology relevant disciplines and also a fundamental skill for further biology professionals. With the encouragement of teaching reform in universities, comprehensive design experiments were carried out aiming to cultivate students' comprehensive and creative abilities. However, many problems were discovered during the implementation process such as low participation rate of students, poor operational skills, non-flexible experiment program, and too simple assessment method. As a result, the expected learning outcomes were not obtained. In this study, we summarized the features of Microbiology Experiment teaching model, analyzed the problems existed in the teaching process, and provided advice to improve this model from the aspects of encouraging students' participation, arranging the reasonable experimental settings, introducing research-orientated programs

**Foundation item:** Teaching Reform Program of Hunan Agricultural University (No. B2015164)

**\*Corresponding author:** Tel/Fax: 86-731-84618166; E-mail: lingluow@sina.com

**Received:** January 25, 2016; **Accepted:** April 27, 2016; **Published online** (www.cnki.net): June 08, 2016

**基金项目:** 湖南农业大学教学改革项目(No. B2015164)

**\*通讯作者:** Tel/Fax: 86-731-84618166; E-mail: lingluow@sina.com

**收稿日期:** 2016-01-25; **接受日期:** 2016-04-27; **优先数字出版日期**(www.cnki.net): 2016-06-08

accompanied with corresponding teachers, and improving the evaluation approaches.

**Keywords:** Microbiology, Experiment, Curriculum reform, Comprehensive

“微生物学”作为高等学校生物、食品、农学、土壤、植保、动科、环境、园艺园林等专业的重要基础课,具有显著的课程地位,对提高学生的专业水平有着举足轻重的作用。“微生物学实验”是生命科学领域涉及面广、实验性及应用性极强的一门专业基础课程,要求学生掌握微生物学的基本知识和技能,旨在培养学生动手能力、创新思维能力及理论联系实际能力<sup>[1]</sup>。近年来,各高校纷纷开展微生物学实验教学改革,以促进独立思考、综合分析问题和创新思维,克服传统机械性、验证性等实验教学模式对学生思维的束缚;更通过开发综合性设计实验项目,以期提升学生的综合素质。综合性设计实验包含多步复杂的大实验和设计创新性实验两层含义,旨在培养学生综合运用知识的能力及创新能力<sup>[2]</sup>,该实验教学的开展相对于传统实验教学而言取得了一些较好的效果,但同时也暴露了一些问题。笔者就近年来担任湖南农业大学“微生物实验”课程授课教师的经验和体会,对实验教学中存在的问题进行剖析,提出相应的解决或完善办法,希望能为教学管理部门和同行授课教师提供一些思路。

## 1 微生物综合性设计实验设置的目的和意义

### 1.1 克服传统验证性实验的局限性

高校传统的微生物学实验主要以小型的验证性实验为主。这种实验教学模式各实验之间相互割离,关联性不大,在进行实验时,学生不能将所学知识融会贯通。而在教学方式上则是以教师为中心,实验课堂上教师单纯讲解示范,学生只是机械地模仿和验证,没参与实验设计和实验准备,因此也无法形成自主的思考,整个实验过程只是单纯地完成任务的受教惯性,不利于科学思维的培养<sup>[3]</sup>。综合性设计实验是一个以学生为主体的实验过程,它要求学生根据某一专题的目的要求,综合运用相关知识和技能,对实验材料进

行收集,并了解其特性和作用;了解仪器设备的功能,并掌握其操作使用方法;设计实验方案和步骤等,并予以实施。它不仅能锻炼学生自主获取知识和综合运用知识的能力,而且有利于学生从方案设计过程中发现问题、分析问题和解决问题,促进学生构建科学严谨的思维体系,从而提升综合能力和素质<sup>[4]</sup>。

### 1.2 培养学生基本实验技能和创新能力

综合性设计实验要求学生参与最初的项目选择、实验方案制定、样品采集、实验前的材料和试剂准备、实验数据整理和分析、实验完成后的器材归置等实验全部过程,这样不仅能满足学生的求知好奇心,培养学生自主思考能力,也能锻炼学生的动手能力、基本实验技能和创新能力。

### 1.3 培养学生对综合知识点的理解

综合性设计实验包含了微生物学的若干个小实验,并有机地结合与贯穿了微生物学实验操作的各项技能,如“土壤微生物分离纯化培养及鉴定”这一实验就包括了微生物学实验的无菌操作技术、显微镜技术、纯培养技术、分离纯化技术、革兰氏染色及抗菌性试验等小型实验及基本实验技能,完成该实验使学生能够了解并综合利用这些实验技术和要点,同时使学生对微生物资源利用与保护、微生物的多样性有更深刻的认识<sup>[5]</sup>。

## 2 微生物综合性设计实验教学中存在的问题

### 2.1 忽视了学生的学习主体地位,学生参与性不强

开设综合性设计实验的本意是提高学生的自主参与性,培养学生以创新能力为主导的各项综合素质。但是,在实际的教学过程中,实验过程仍是由老师设计好,学生并未明白实验的意义之所在,也未参与到实验的设计和准备过程中,更不曾思考和设想具体的实验开展途径和步骤。因此,在每个阶段的实验中,学生们也只是按教师的讲授过程和示

范,按部就班机械性地重复既定的实验步骤和操作,无需动脑思考,结果导致收效甚微,无以致用,丧失了开设该实验的原本意义。

## 2.2 实验流程为一次性,实验操作不规范

微生物学实验对实验操作要求严格,任何不规范操作都可能导致实验失败。由于微生物培养和生长的特殊性,这种微生物学综合性大实验的实验周期通常比较长,整个实验分为若干个阶段完成,每个阶段约2~4个学时。因此,要求每个阶段实验要一次性成功,以保证后续实验的顺利进行。在实际教学过程中,一方面,学生们没有受过严格的微生物学实验操作训练;另一方面,由于课时的限制,无法提供额外的时间供学生们重复实验。因此,实验流程基本是一次性的,不管实验效果好坏、成功与否,该阶段的实验都已完成。学生对因操作不规范导致实验失败带来的挫败感不那么强烈,因此,也无法深刻体会到规范操作在微生物实验过程中的重要性。

## 2.3 存在题目单一、样品共用、结果抄袭等现象

某些高校在开展综合性设计实验时,往往采用一个既定的系统实验,因此,在同一阶段同一个教学班所做的实验是完全相同的。由于题目的单一性,由此存在样品共用、结果抄袭等现象。比如,“土壤微生物的分离纯化培养及其鉴定”这一实验,分为培养基的制备、土壤微生物的分离和计数、纯化培养和革兰氏染色、抗菌性试验等几个阶段。在样品采集阶段,实验要求学生们分别采集各个区域、不同环境、不同功能等不同特性的土壤样品。但在实际操作时,由于不够重视和监管不严格,很大一部分学生采样不规范,且采样地点过于集中,甚至样品共用,土壤性质基本相同,导致实验结果差异性不大,基本可通用,这也是导致实验结果抄袭的原因之一。

## 2.4 考核方式单一

考核是实验教学体系的重要环节,是评价学生对实验技能掌握程度和学习成效的重要手段<sup>[6]</sup>。

目前的考核方式以学生实验报告撰写情况及实验报告所呈现的实验结果作为成绩评定的主要依据,此外辅以实验课到课情况(是否迟到、早退等)及实验过程的操作表现。这种评价方法促使大部分学生将注意力集中在实验报告的撰写上面,忽略了真正实验过程的体验,同时学生基于某一科学问题层面的探究能力和综合分析能力得不到锻炼。在实验报告的撰写上,由于样品共用,结果可通用,也存在互相抄袭的现象。因此,该种考核方式丧失了培养学生综合能力的初衷,不能真正体现学生的真实水平,也在一定程度上有失公正。

# 3 微生物综合性设计实验改革探索

为弥补上述实验开展过程中的缺陷,我们从修订教学内容、改变教学方式、改革教学手段和完善考核方式等方面做出改革和完善,并以2013级环境工程、环境科学专业6个班,共171名学生为教学对象进行教学改革,现将改革措施及其过程描述如下。

## 3.1 参与到实验准备的全过程

实验的前期准备工作很重要,工作量也不比实验课程少。综合性设计实验采取分组进行的方式,每组4~5名学生。各小组选题结束,共同制定详细的实验方案,呈报老师审核,审核通过后,由学生准备实验,主要为样品采集(特殊样品由老师提供,但学生需了解样品采集、保存等过程中的注意事项)、实验试剂配制、实验耗材选取(耗材由实验室提供,但是学生需明确实验耗材的种类、规格和数量)。要求每组至少有1~2名学生参与实验准备过程。通过参与到前期准备工作中,完成实验准备工作,让学生对实验过程有个详细的了解和把握,不但要认真预习实验内容,还要准备实验所需的材料和配制实验试剂。不仅从理论上、思维上对学生有很好的锻炼效果,而且还能锻炼学生的基本实验操作技能,实验样品的准备要讲究广泛性和差异性。

实验结束后,做好后续整理工作,比如测试完毕要将实验菌种和器材进行灭菌后清洗,然后每组分别准备出下一个实验本组所需的器材,要对培养皿、试管、镊子等消毒灭菌,配置各种试剂,这个过程使学生学习到完整的微生物学实验操作技术<sup>[7]</sup>。

### 3.2 合理安排实验,充分利用时间

综合性设计实验讲究连续性,并且微生物的培养有严格的时间限制,学生要利用课余时间来进行接种或看结果,有时甚至与其他课程的学习发生冲突,时间协调困难是造成学生退缩的重要因素之一。为此,实验的开设时间最好避开学习高峰期,或指导学生合理安排实验进程以充分利用实验时间<sup>[8]</sup>。据此,我们尝试对原有的每周固定的2-4个学时进行改革,参考课程设计的模式,在学期末集中安排1-3周时间作为实验周,实验周内学生同时完成几门课程的实验。目前,我们的微生物学实验课共计16学时,1个学分,在开设学期集中安排了两周时间,该两周内,学生同时完成微生物学实验和农业环境保护实验。学生可根据这两门课程实验的特点科学安排时间。例如,在微生物实验中等待微生物培养结果的间隙中进行农业环境保护实验的准备工作;在农业环境保护实验中,等待样品烘干过程中进行微生物实验的接种、查看培养结果或染色等。在集中的实验周中,可根据各课程实验的特点和周期,合理设计、科学安排,协调好各课程实验进度关系,充分利用时间,避免因等待实验(反应)进行而造成的时间浪费,同时避免了原本实验周期被切割成片段的缺陷。倘若出现因操作不当或其他原因导致某次实验失败的情况,也有足够的时间缓冲和调整,进行重复试验。

### 3.3 增加可选实验项目,培养创造性思维能力

实验课的开设通常在理论课之后,在实验课开始之前让学生分小组进行综合性设计实验,由学生独立完成。结合专业特色,由微生物学教研室的各位老师根据自己科研项目出题,增加科研型题目,学生自行选择各自感兴趣的课题,保证

选题的多样性以改变原来一成不变的实验题目及实验流程。目前,我们已经开展并取得良好效果的实验题目如表1所示。选题完成后,由各小组成员查阅资料、讨论后综合设计出实验方案。为保证综合实验的顺利开展,教师对学生提交的实验方案进行认真审阅,经过与学生讨论后,制定出更加切实可行的实验方案。在实验过程中教师应特别强调学生的合作精神和应用基本操作技术解决问题的能力,注重学生对实验过程、实验结果的分析和记录以及学生在出现问题时能否提出有效的解决办法。实验完成后各自完成自己的实验论文,实验论文要求以科研论文的形式提交,包括题目、摘要、关键词、引言、材料与方法、结果与讨论、结论与注意事项、参考文献等内容<sup>[9]</sup>。通过实验,不仅能使学生学习到提出问题、分析问题和解决问题的方法,还可以学习科技论文的撰写格式、思路和方法。综合性设计实验的设置是学生对所学知识的综合应用过程,把学习的主动权交给了学生,给学生充分的思维空间,是培养学生综合能力 and 创新能力的重要途径之一。有助于学生独立思考、团结合作,能有效地提高学生解决实际问题的能力,为今后的研究性工作打下良好基础<sup>[10]</sup>。

### 3.4 增加教师配备

传统的实验课通常由1-2名教师负责指导整个教学班的学生完成实验。综合性设计实验相对于传统实验对教师的精力有更高的要求,但由于教师研究方向和精力的局限性,可改变原本由1-2名教师对实验课程进行“包干”的模式,微生物学教研室的其他老师也参与指导学生实验。学生选题后,由相关出题老师协助实验方案设计及审查、实验过程疑难问题解答等事项。如此一来,学生们能得到自己所选课题领域的相关教师有针对性的指导,也在一定程度上提高了每个学生的师占有量。教师们采取讨论和循循善诱的方式指导学生独立完成某一个小课题的实验,并且可将这些研究内容与其之后的毕业论文相结合,从而获得较好的教学效果。

表 1 实验内容  
Table 1 Experiment content

序号 No.	实验项目 Experiment project
1	土壤微生物的分离纯化培养及其鉴定 Isolation and identification of microorganisms in soil
2	农业废物堆肥体系中氨氧化细菌的分离及纯化 Isolation and purification of ammonia-oxidizing bacteria in agriculture waste composting system
3	水稻根际抗 Cd 菌的筛选及对水稻抗 Cd 能力的影响 Cd resistant bacteria screened in rice rhizosphere and its effects on the uptake of Cd by rice
4	白腐真菌对氯酚的降解性能研究 Study on the degradation of chlorophenol by white-rot fungi
5	氧化剂对水华蓝藻对吸收 Cd 的影响 Effect of oxidants on the uptake of Cd by Cyanobacteria
6	高浓度酚降解菌的筛选及鉴定 Isolation and identification of high concentration of phenol degrading bacteria
7	土壤中邻苯二甲酸酯降解菌的分离纯化及其性能研究 Isolation and purification of phthalates degrading bacteria in soil and its degradation ability evaluation
8	苧麻根际抗 Cd 细菌筛选及对苧麻生长和吸收 Cd 能力的影响 Cd resistant bacteria screened in ramie rhizosphere and its effects on the growth and uptake of Cd

3.5 完善考核方法

为培养和评价学生的综合能力和探究能力，建立了一套有效的考核办法，具体可包括以下方面，各部分占总成绩的比重如表 2 所示。(1) 实验准备：要求学生提前对实验的目的要求、实验原理和内容、操作步骤、注意事项及疑难问题有大概认识，设想实验过程和实验结果，撰写好实验方案。这样的要求使得学生在进入实验室之前就有非常明确的目的，有针对性地避免易出错的环节，对于疑点和难点也可在实验过程中有针对性地获得解答。(2) 重注平时实验过程的通过性考核：针对每个阶段的实验结果，如微生物的计数、革兰氏染色、显微镜(油镜)的使用及清理，必须经指导老师检查和确认通过后，才能记载为实验完成或成功。对于个别未成功的学生，要考查其对不成功的原因是否进行了合理的分析。(3) 实验过程随机抽考，考查学生实验操作的规范性和动手能力：微生物学实验操作是否规范是实验成败的关键。实验过程中，不定时对学生已经学习过的实验技能进行抽检，被抽查到的学生能及时发现问题和及时纠正，其他学生也能从中发现自

表 2 成绩组成  
Table 2 Composition and proportion of experimental course results

成绩来源 Sources of the results	成绩组成 Composition of the results	比重 Proportion (%)
个人/小组 Individual/Team	实验准备	15
	平时表现	30
个人 Individual	随机抽考	25
	实验论文报告	20
	优秀成果展示	10

注：实验准备包括实验方案设计，实验试剂材料准备；平时表现包括实验态度、考勤、实验室行为习惯等；随机抽考包括实验操作、阶段性实验结果等。

Note: Experiment preparation includes scheme design, and materials and reagents preparation; Class performance includes the experimental attitude, attendance, and the habit of behavior in laboratory etc; Quiz evaluates the ability of experiment operation and the stage results etc.

己的问题，养成良好的操作习惯和科学的实验态度。(4) 实验报告突出综合能力和思考能力评价：对实验报告的撰写，不能完全照搬实验指导书上的材料、方法和步骤，应根据具体的实验操作过程，用科学的语言加以描述整合。实验结果部分也不能只单纯地列举实验结果，应重点评价

为什么会得到如此结果,该结果说明什么问题,或者有没有其它的结果和可能性。对于不成功的实验结果要进行思考和分析原因。(5) 结合考核方式(2),在阶段性实验结果考核和检查时,组织优秀成果展示活动,对成果优秀的学生予以激励性加分,同时也在一定程度上刺激和激励其他学生<sup>[11]</sup>。

该组合考核方式克服了传统以实验报告及考勤考核学生的片面性,能促使学生注重实验的全过程,使学生不可偏废实验准备、实验操作、实验行为习惯、综合分析问题及实验论文报告的撰写等任何一方面,能真正体现学生的真实水平,评价方式也相对公正。

#### 4 初步成效评价与体会

我们对参与教改的 2013 级环境科学、环境工程专业学生在教改过程中的表现进行了密切关注,发现在日常的实验过程中学生们的积极性和主动性有较大的提高,经常有学生在课余时间来教研室请教相关教师实验方案设计及实验结果分析等问题;大部分学生的基本实验操作较往届学生更规范;在实验现场对学生提问时,发现他们有比较清晰的思路 and 想法,对实验流程有宏观上的把握,学生们基本能回答出“自己要做什么”、“为什么要这样做”、“怎么做”等问题。现有多名学生参与到了教师的科研中,其中 11 名学生成功申报到了与微生物相关的校级本科生创新科研课题,有 2 名学生成功申报到省级本科生创新科研课题,形成了“土壤中邻苯二甲酸酯降解菌的分离纯化及其性能研究”等 4 篇实验论文,经老师修改拟在学术期刊上发表。

结合学生们在教改过程中的表现,我们得出以下几点改革心得体会:(1) 突出学生学习的主体地位。转变传统的学生被动地位,将学习模式由“老师让他们学习什么”转变成“学生们自己想学习什么、想探究什么、想了解什么”。在这种情况下,学生们学习的积极性和主动性有了极大的提高,对学习起到事半功倍的效果。(2) 陌生的“命

题—设计”型实验项目受学生青睐。大多数学生渴望去探索未知的知识,一些教材上未有的知识。改革中,教师们基于自己的科研项目给出的命题很受学生们欢迎,学生们能更多、更有针对性地得到教师的指导,在教师的指导下设计实验方案,完成实验和分析结果。(3) “成果展示”与“现场观摩”受益大,效果好。优秀成果展示是对学生学习能力与成果的一种肯定,同时也能激励其他学生,起到“你追我赶”的效果。实验过程中随机抽查,考查学生实验操作的规范性和动手能力时,组织其他学生现场观摩。观察别人的考试可以发现别人和自身的问题,观察也是再学习和提高的过程,收益面较大。正如有些学生说:“观察别人就好像给自己照镜子一样,印象太深刻了。”(4) 考核成绩与过程管理紧密结合。我们将成绩考核与过程管理紧密结合起来,既考核学生知识的掌握情况,又考核学生的操作能力,更注重学生的创新精神。成绩考核贯穿整个实验的始终,涉及方方面面,使学生注重实验的每个细节。(5) 增加的科研型实验项目培养学生的专业及通用能力,符合现代社会专业技术人才的要求。在实验的设计过程中,学生经历了文献信息的获取与查阅、设计方案与论证、实验、结果分析及结果呈现的科研全过程训练,培养了创新思维和良好的科学习惯,科研能力得到提高。同时,实验项目是小组成员共同完成的,在团队中不仅要有较高的专业能力,还需要具备自我管理、与人沟通、与人合作这些通用能力,符合现代社会专业技术人才的要求<sup>[12]</sup>。

#### 5 结语

微生物学实验作为一门实验技术,在微生物学学科发展中具有举足轻重的作用。因此,各高校不断重视微生物学实验室的建设,不断改革教学内容和模式以培养学生综合能力、创新能力及实际操作能力。综合性设计实验的开设对学生综合能力和创新思维能力的培养有很大的帮助;但在实际的运行过程中还存在一些问题,没有达到预期的效果。因

此,在实际的实验教学过程中,教师们应实时关注综合性设计实验的开展情况,发现问题并积极寻求解决办法,及时加以修正,以免丧失设置该实验教学模式的初衷。实验教学改革是一个系统综合工程,在提高学生实验操作技能、培养学生创新意识方面还需要教师不断总结经验和积极探索。

## 参 考 文 献

- [1] Ye H. Cultivation of students' creativity in experimental teaching of microbiology[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2004, 23(2): 94-96 (in Chinese)  
叶辉. 微生物学实验教学改革与学生创新能力培养[J]. 实验室研究与探索, 2004, 23(2): 94-96
- [2] Xiang XL, Xi YL. Exploring the teaching model of combination design experiment and scientific research in ecology[J]. Bulletin of Biology, 2009, 44(11): 30-32 (in Chinese)  
项贤领, 席贻龙. 生态学设计性实验教学与科研相结合的模式探索[J]. 生物学通报, 2009, 44(11): 30-32
- [3] Gao YH, Zhu YQ. The discussion of teaching innovation of biotechnology experiment[J]. Creative Education Studies, 2014(2): 54-58 (in Chinese)  
高燕会, 朱玉球. 生物技术大实验的教学改革探讨[J]. 创新教育研究, 2014(2): 54-58
- [4] Li M. Students quality education in microbiology experiment taking coliform bacteria test in source water as example[J]. Microbiology China, 2012, 39(10): 1513-1518 (in Chinese)  
李敏. 浅谈微生物学实验教学中学生素质培养——以水源水中大肠杆菌群监测为例[J]. 微生物学通报, 2012, 39(10): 1513-1518
- [5] Xia XZ, Peng F, Che J, et al. Exploration on innovative experimental item construction for isolation of microorganisms in soil[J]. Microbiology China, 2014, 41(12): 2525-2529 (in Chinese)  
夏曦中, 彭方, 车婧, 等. 创新型实验教学项目建设的探索——土壤微生物分离实验[J]. 微生物学通报, 2014, 41(12): 2525-2529
- [6] Jiao ZX, Zheng WB. Reform of microbiology experiment teaching enhancing skills training[J]. Microbiology China, 2012, 39(9): 1328-1332 (in Chinese)  
焦振霞, 郑卫北. 改革微生物实验教学强化技能训练[J]. 微生物学通报, 2012, 39(9): 1328-1332
- [7] Lü LZ, Lin H, Chen XZ, et al. Reform and practice of environmental engineering microbiology experiment teaching[J]. Microbiology China, 2014, 41(10): 2149-2153 (in Chinese)  
吕绿洲, 林海, 陈秀枝, 等. 环境工程微生物学实验教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2014, 41(10): 2149-2153
- [8] Mao LT, Wang SF. Practice and experience of setting up design experiment in microbiology experiment teaching[J]. Microbiology China, 2007, 34(3): 614-616 (in Chinese)  
毛露甜, 王绍芬. 微生物学实验教学中开展设计性实验的做法与体会[J]. 微生物学通报, 2007, 34(3): 614-616
- [9] Zhang XF, Zhou WL, Wang ZP, et al. Teaching reform of environmental microbiology and cultivation of students innovative ability[J]. Microbiology China, 2014, 41(4): 748-752 (in Chinese)  
张小凡, 周伟丽, 王志平, 等. 环境微生物学教学改革与学生创新能力的培养[J]. 微生物学通报, 2014, 41(4): 748-752
- [10] Huang Y, Huang CJ, Wu SH, et al. Reform microbiology experiment teaching methods, enhance the students' comprehensive abilities[J]. Microbiology China, 2009, 36(6): 914-917 (in Chinese)  
黄瑶, 黄翠姬, 伍时华, 等. 改革微生物学实验教学方法, 提高学生综合能力[J]. 微生物学通报, 2009, 36(6): 914-917
- [11] Dai YJ, He W, Yuan S, et al. The exploration and application of the modular teaching pattern for microbiology experiments[J]. Microbiology China, 2015, 42(9): 1809-1816 (in Chinese)  
戴亦军, 何伟, 袁生, 等. 模块化微生物学实验课教学体系的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2015, 42(9): 1809-1816
- [12] Wang XL, Zhong YT, Xie QJ. Establishment and implementation of the experimental evaluation system of medical microbiology[J]. Microbiology China, 2012, 39(12): 1817-1824 (in Chinese)  
王小丽, 钟有添, 谢琼琚. 实验教学改革条件下医学微生物学实验考核评价体系的构建与实践[J]. 微生物学通报, 2012, 39(12): 1817-1824