

## 模块化微生物学实验课教学体系的探索与实践

戴亦军 何伟 袁生\* 徐旭士 贾永 刘中华 张石柱 梅艳珍

(南京师范大学 生命科学学院 江苏 南京 210023)

**摘 要:** 模块化微生物学实验教学可提高本科生的探究能力和实验技能综合运用能力。本文介绍了我校模块化微生物学实验课教学体系的探索与实践。首先,构建综合性、研究型模块化教学内容体系。教学内容体系由“环境微生物多样性调查”、“功能微生物的筛选鉴定、培养条件优化与选育”和“水质微生物学检验”3个模块共计12个单元实验组成。模块实验内容设计把握3个原则:重视学生基本实验技能培训与探究性学习引导;加强单元实验间的内容衔接,保证模块实验的连贯性;注重内容精炼,步骤简化,充分考虑学生的学习负荷。其次,实行教学研讨会制度,组织教师总结上周实验的得失,讨论和优化本周的实验内容和步骤,建设与模块化微生物实验课教学体系相适应的高水平教学队伍。最后,建立与模块化微生物学实验课教学体系相匹配的多样化考核方式,包括每个单元实验的通过性评价,期末进行操作性实验考试,将撰写单元实验报告改为撰写模块实验论文,突出学生的综合能力和思考能力评价,组织优秀实验成果展示活动,实行激励性评价。

**关键词:** 模块化, 教学体系, 微生物学实验, 教学研讨会, 考核体系

## The exploration and application of the modular teaching pattern for microbiology experiments

DAI Yi-Jun HE Wei YUAN Sheng\* XU Xu-Shi JIA Yong LIU Zhong-Hua  
ZHANG Shi-Zhu MEI Yan-Zhen

(College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210023, China)

**Abstract:** The modular teaching pattern for microbiology experiments helps to improve undergraduates' experimental skills and their comprehensive application ability. The authors described the construction of the modular microbiology experiment course and its application. First, we established a comprehensive, research-based modular teaching system. The system is composed of three modules including investigation of the environmental microbial diversity; screening and isolation of the special functional microbes, culture conditions optimization and strain improvement; the microbiological testing of water. There were also a total of 12 experimental units. The contents are designed to: (1) Emphasize the training of students in their basic microbiology experimental skills and guide their learning; (2) Strengthen the connection between experiment units and the

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目; 2013年江苏省高等教育教改研究立项课题(No. 2013JSJG205); 2012–2013年度南京师范大学教改研究课题重点项目

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

收稿日期: 2014-11-20; 接受日期: 2015-02-13; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2015-03-06

coherence of different modular experiments; (3) Refine the experimental contents, simplify the experimental steps and reduce students' study load. Second, we organized the seminars to summarize and gain the experience of teaching, discuss and optimize the following unit plans. These seminars will help us to improve the teaching effect and the teacher's guidance ability in a microbial experiment course. Third, we established different ways to evaluate the students' learning, such as routinely reviewing their work for each experimental unit, implementing a practical examination to test their experimental skills at the end of the semester, reviewing their ability to write reports for experimental units, as well as writing for modules in a research article format. All together these will result in better evaluations on the students' comprehensive ability. As an incentive, we will also exhibit the outstanding achievements produced in each of the experimental courses.

**Keywords:** Modular teaching pattern, Teaching system, Microbiology experiment course, The teaching seminar, Examination system

微生物学实验技术是生物学人才必须掌握的基本技能,也是现代生物技术和生物工程的重要基础,因此微生物学实验课程是高等学校生物学相关专业的重要基础实践课程之一。随着高等学校本科教学质量与教学改革工程的不断推进,很多高校进行了微生物学实验课程的教学改革,通过优化实验内容编排、增强实验的综合性和探究性,调动学生的学习兴趣,提高学生的综合素质和创新能力<sup>[1-3]</sup>。南京师范大学于2008年开始,在国家理科基地人才培养项目、江苏省和学校教育教学改革项目的支持下,开展了微生物学实验教学综合改革,建立与研究性教学相适应的模块化微生物学实验课教学体系,近几年的探索和实践表明模块化微生物学实验课教学体系有利于学生实验动手能力的提高和创新思维的树立,受到了广大学生的欢迎。主要教学内容已编写成《微生物学模块化实验教程》一书,并由高等教育出版社于2014年4月出版发行<sup>[4]</sup>。本文主要从教学内容设计、教师队伍建设和考核方式改革三个方面总结了我校建立模块化微生物实验课程教学体系的实践经验,与同行们进行探讨,希望能进一步推进微生物学实验课的教学改革。

## 1 模块化微生物学实验课教学体系的构建

### 1.1 教学内容体系的建立

我校将微生物学实验课程列为生物科学、生物技术和生物工程本科专业的基础实践必修课,总学时数为36课时,计3个学分。课程安排在第二学

年的第二学期与微生物学理论课同步开设。课程按周次教学,第一次实验安排在微生物学理论课的第三周后开始,其目的是使实验课与理论课内容同步。两个学生为一组,每12个组组成一个教学班级,全部180名学生组成8个平行班。教学队伍由6名指导教师、1名实验准备教师和8名二年级微生物学专业硕士研究生组成。研究生的主要职责是协助实验准备教师开展准备实验工作和担任指导教师的教学助手。

全部微生物学实验内容设计成“环境微生物多样性调查”、“功能微生物的筛选鉴定、培养条件优化与选育”和“水质微生物学检验”3个实验模块<sup>[4]</sup>。3个实验模块分别包含4个、5个和3个,共计12个实验单元。每周教授一个单元。每个单元实验的具体教学内容和教学目标如表1所示。该教学体系具有以下几个特点:(1)各模块的单元实验以课题研究的形式进行串联,形成知识体系具有连续性、实验操作具有连贯性的综合性、研究型实验。(2)微生物学基本实验操作技术作为实验方法融合在各模块的单元实验教学内容中,让学生在开展课题研究的过程中掌握各项实验操作技能并学会运用这些技术去解决实际问题。(3)学生是实验的主体,样品采集、微生物分离和纯化、菌体培养与形态结构观察、菌种活化与保藏等一系列实验均由学生自己完成。(4)单元教学内容精炼,注重单元实验间的内容衔接,保证各模块实验过程的连贯性。

表1 模块化微生物学实验课程的教学内容和目标

Table 1 The teaching contents and objectives of the modular microbiology experiment course

教学模块与单元实验名称 Teaching modules and experimental unit plan	实验内容 Experimental contents	教学目标 Teaching objectives
模块一: 环境微生物多样性调查 Module 1: Investigation of the environmental microbial diversity		比较不同土壤环境中的微生物类群、菌落形态、菌落数量的差别, 了解环境与微生物的关系及其多样性
实验一 环境微生物采集与观察 Experiment 1 The collection and observation of environmental microbes	采集不同土壤、不同水体和室内外空气中微生物样品, 从中分离微生物并进行固体平板培养, 从口腔采集微生物并进行单染色和显微镜观察	①掌握环境微生物样本采集方法; ②正确使用光学显微镜显微和油镜镜头; ③掌握微生物稀释涂布分离技术; ④树立无菌意识和掌握无菌操作方法
实验二 微生物菌落和细菌显微形态特征观察 Experiment 2 The observation of microbial colonies and bacterial microscopic morphologies	观察和比较实验一固体平板上培养的不同环境中微生物类群、菌落形态和菌落数量差别。将初步鉴定为放线菌与霉菌的菌落进行平板划线转接和插片培养, 用于下一次实验观察	①了解细菌、酵母、放线菌和霉菌的菌落特征; ②掌握革兰氏染色原理和操作技术; ③掌握细菌荚膜染色方法; ④掌握平板菌落转接试管斜面技术; ⑤了解平板菌落计数原则
实验三 放线菌和真菌的显微形态特征观察 Experiment 3 The microscopic observation of actinomycetes and fungi	以实验二所做的放线菌与霉菌的插片培养物为材料, 观察和比较放线菌、霉菌和酵母菌的形态结构特征, 并显微测量和比较这些不同类群微生物细胞的大小	①了解放线菌、丝状真菌和酵母菌的培养方法; ②了解上述三类微生物的细胞结构差异; ③掌握微生物细胞大小的测量技术; ④掌握酵母显微计数法
实验四 水环境中噬菌体的分离纯化 Experiment 4 The isolation and purification of phage in water	自然水体中噬菌体扩增, 噬菌体双层平板培养, 噬菌斑观察, 噬菌体纯化与短期保存	①了解从水环境中分离噬菌体的基本原理; ②掌握噬菌体的扩增、培养与检测方法
模块二: 功能微生物筛选鉴定、培养条件优化与选育 Module 2: Screening and isolation of the special functional microbes, culture conditions optimization and strain improvement		学习培养基制备及灭菌、产淀粉酶菌种分离纯化、培养条件优化、菌种鉴定和诱变育种五个实验, 完整地开展一次应用微生物课题研究的实训, 使学生掌握相关实验技术以及如何应用这些技术去解决科学研究和生产实践中的具体问题
实验五 培养基的配制和灭菌 Experiment 5 The preparation and sterilization of the culture media	配制本模块实验所需的各种培养基, 包扎培养皿、移液管、试管和移液枪头等物品并进行高压蒸汽灭菌	①掌握配制微生物培养基的方法; ②掌握试管、三角瓶和培养皿的包扎方法; ③掌握灭菌的基本原理和操作技术
实验六 产淀粉酶细菌的分离筛选 Experiment 6 The isolation and screening of the amylase-producing bacteria	采集土壤样品和制备浸悬液, 稀释涂布与划线分离微生物并培养, 菌落淀粉水解圈染色与观察, 阳性菌落的平板转接与斜面试种	①掌握固体平板制备和倒平板技术; ②掌握单菌落划线分离技术; ③进一步掌握稀释涂布分离菌种技术; ④了解分离产淀粉酶细菌的方法
实验七 不同培养条件对产淀粉酶细菌生长和产酶的影响 Experiment 7 The effect of cultural conditions on cell growth and amylase production of the amylase-producing bacterium	接种实验六所获产淀粉酶细菌进行摇瓶培养, 观察不同 pH、温度、碳源、氮源等对菌体生长和产酶量的影响	①了解液体摇瓶培养技术; ②进一步掌握斜面接种技术和倒平板技术; ③了解不同营养成分和培养条件对微生物生长及酶活力的影响

(待续)

(续表)

实验八 产淀粉酶菌株的鉴定 Experiment 8 The identification of the amylase-producing bacterium	实验六所获产淀粉酶细菌形态学观察和 16S rRNA 基因 PCR 鉴定	①进一步巩固革兰氏染色技术;②了解微生物鉴定的基本程序和方法;③熟悉 PCR 仪操作;④了解基于 16S rRNA 基因序列分析的系统发育树构建方法
实验九 产淀粉酶细菌的紫外诱变育种 Experiment 9 The strain improvement of the amylase-producing bacterium by ultraviolet mutagenesis	对实验六所获产淀粉酶细菌液体培养物进行紫外诱变育种,测定诱变致死率,根据菌落淀粉水解圈大小观察诱变效果	①掌握紫外线诱变育种的方法;②观察紫外线对产生淀粉酶细菌的诱变效应;③掌握斜面转接斜面技术
模块三:水质微生物学检验 Module 3: The microbiological testing of water		通过水质微生物检验实验的训练,使学生了解相关国家标准的重要性,熟悉菌落总数和大肠菌群检测的技术标准
实验十 水中细菌总数的测定 Experiment 10 The determination of bacterial count in water	采集校园内的湖水和自来水,采用平板菌落计数法测定水样的细菌总数	①了解菌落形成单位和大肠菌群的概念;②掌握各类水样采集和细菌活菌计数方法;③掌握混合平板制作技术及操作要点
实验十一 水中大肠菌群检测及生理生化试验 Experiment 11 The detection of coliform in water and the physiological and biochemical tests	采用多管发酵法测定实验十所采水样中的大肠菌群数,进一步采用鉴别培养基和革兰氏染色法验证大肠菌群阳性发酵管中所存在大肠菌群	①了解大肠菌群检测的国家标准;②了解多管发酵法的原理和大肠菌群鉴别步骤;③了解大肠菌群的最大似然数(MPN)计数法
实验十二 大肠菌群的血清学检验 Experiment 12 The serological test of coliform	采用沙门氏菌和大肠杆菌血清对实验十一中具有深紫色金属光泽的细菌进行免疫沉淀反应	①了解细胞凝集实验原理;②掌握大肠菌群血清学检验方法

上述模块化微生物实验课教学体系经过不断优化和实践,目前已形成了较为成熟的教学内容体系和教学组织体系,运转较为流畅。学生普遍认为微生物学实验课程内容充实、安排紧凑,学习效率高、收获大<sup>[5]</sup>。

## 1.2 教学内容体系设计要点

### 1.2.1 重视学生基本实验技能的掌握和探究性学习引导

验证性教学体系侧重于对微生物学理论课所教知识的验证以及传授实验操作技能,形式虽显枯燥,但非常有利于学生对基础实验操作技能的掌握。研究性实验教学以解决问题为核心,能激发学生的学习兴趣和学习主动性,培养学生的自主学习能力和研究能力<sup>[5-6]</sup>。因而微生物学实验应把握验证性和探究性相结合的原则,发挥验证性和探究性教学的各自优点。基于上述认识,我校模块化微生物学实验课程设计以探究科学问题为主线串联多个验证性实验,在验证性实验中融入探究性要素,既

保证学生掌握过硬的基础实验操作技能,又引导其开展探究性学习,提升实验技术的综合运用能力。

在验证性实验中加入探究性要素不一定要另起炉灶,关键在于教师设计实验内容时要融入科学研究要素<sup>[7]</sup>。革兰氏染色法是微生物实验教学中最重要的染色方法之一。验证性的革兰氏染色法教学通常是由实验教师提供结果已知的标准大肠杆菌和金黄色葡萄球菌菌株,学生按照挑取菌落、制片、初染、媒染、脱色、复染和镜检的步骤来操作,在油镜下观察到大肠杆菌为红色和金黄色葡萄球菌为蓝紫色,即完成学习任务。在我校的综合性和模块化微生物学实验中,革兰氏染色法作为实验方法之一列入单元实验二“微生物菌落和细菌显微形态特征观察”中,实验对象是学生前一个单元实验中自己分离培养的菌株。学生将大肠杆菌和金黄色葡萄球菌作为对照菌株,与实验菌株在同一块载玻片上进行革兰氏染色和显微镜油镜观察。这样的设计

既有标准对照组, 又有实验组, 且实验组结果事先并不知晓, 因而使革兰氏染色实验具备了探究性特点。由于革兰氏染色是学生必须掌握的基本技术之一, 在单元实验八“产淀粉酶菌株的鉴定”中, 又安排了一次革兰氏染色, 让学生进一步熟练掌握该技术。在采用 16S rRNA 基因序列分析鉴定菌种后, 要求学生查阅该菌种的革兰氏染色特性并和自己的染色结果进行比较。在单元实验十一“大肠菌群检测与生理生化测定”中, 学生还要对在伊红美蓝琼脂平板上具有深紫黑色、有金属光泽的菌落再进行一次革兰氏染色。上述 3 次革兰氏染色实验的侧重点有所不同, 第 1 次实验侧重于革兰氏染色技术的掌握和油镜使用, 因而特别注重学生对技术细节的掌握以及标准对照菌株染色结果是否正确; 第 2 次实验的侧重点在于让学生根据菌种鉴定结果自行查阅文献和判别实验结果的正确性。第 3 次实验的侧重点则是要求学生要按照相关国家标准进行操作, 强调实验操作的规范性。经过精心设计, 上述革兰氏染色技术置于不同实验模块中, 让学生通过多次练习, 熟练掌握微生物学实验的基本操作技能。相同实验设定了不同的实验目标和侧重点, 从而有利于学生从不同角度思考问题, 锻炼思维能力。

**1.2.2 加强单元实验内容衔接, 保证模块实验的连贯性:** 模块化实验要求课程内容具有一定的连贯性, 注重实验过程的整体训练, 从而有利于学生对微生物技术的综合运用<sup>[3]</sup>。然而学生做实验的时间是每周的固定时间。这种实验过程的间断性必然影响模块化实验的整体性和连贯性。为解决这个问题, 笔者在设计单元实验内容时, 加强内容的衔接和前后呼应, 保证模块实验的整体性。首先, 采用实验研究对象进行衔接, 如在“功能微生物的筛选鉴定、培养条件优化与选育”模块中, 实验五安排学生配制本模块所需的培养基; 实验六安排学生倒平板, 采集土壤样本并从中稀释涂布和划线分离产淀粉酶的微生物; 实验七安排学生用实验五配制的培养基进行发酵条件和产酶条件优化; 实验八安排观察该菌株的形态和进行 16S rRNA 基因的 PCR 扩

增和分子鉴定; 实验九安排对该菌株进行紫外线诱变育种。其他两个模块也是以学生自己分离的菌种来衔接各单元实验内容。其次笔者加强单元实验间的内容衔接, 如模块一的单元实验三进行放线菌和霉菌的菌丝形态观察, 菌体的插片培养安排在第二单元开展, 利用放线菌和霉菌生长慢的特点, 培养一周后正好用于单元实验三的观察。这些做法很好地解决学生实验的不连续性与模块化实验的连贯性之间的矛盾。

**1.2.3 注重实验内容精炼, 实验步骤简化, 充分考虑学生的学习负荷:** 综合性、研究型模块化实验注重以学生为主体, 发挥学生的主动性, 提高学生的动手能力, 但也显著地增加了学生的学习任务, 总实验时间和到实验室的次数。然而在这一时间段, 学生还要学习另外 2 门实验课、6 门专业理论课和 2 门公共选修课, 学习负荷非常繁重。笔者经常听到学生抱怨像“赶场子”一样去上课。因此微生物学实验内容的设计必须考虑学生的学习负荷, 过多的实验内容和频繁地到实验室做实验将导致学生疲于应付, 产生学习倦怠, 反而会降低学习积极性。因此, 单元实验设计应具有很强的可操作性, 实验步骤宜简化, 实验内容宜精炼, 尽量让学生在规定的课时内完成学习任务, 尽量不增加学生的额外学习时间和指导教师的教学工作量。例如, 笔者在单元实验一“环境微生物采集与观察”中安排了 4 项学习任务, 学生先采集土壤和水体样本, 接着做稀释涂布平板分离微生物, 平板置于培养箱后, 学生紧接着进行口腔微生物的单染色和油镜观察实验。在菌体培养期间, 准备实验的教师负责调节培养温度, 使培养的菌落适宜在第二次实验观察, 这样就不要学生另行抽出时间到实验室观察培养结果。从学生角度考虑实验内容的设计往往被占据教学主导地位的教师忽视, 这一点需要引起足够的重视。

## 2 实行教学研讨会制度, 建设与模块化微生物实验课教学体系相适应的高水平教学队伍

高水平指导教师队伍是微生物学实验教学质

量的根本保证。然而在现行高等学校制度环境下,教师特别是青年教师面临着巨大的科研压力,在教学和科研之间,大多数教师不得不选择重科研轻教学,况且大多数青年教师又缺乏教学经验,因而教学质量难以保证<sup>[7]</sup>。笔者所在微生物学实验教学团队秉承师范教育重视教师培养的传统,加强教学经验交流和教学研究,通过老教师的传、帮、带,快速提升中青年教师的教学水平。

我校微生物学实验教学实行教学研讨会制度。教学研讨会由微生物学实验课程主持人组织,要求所有7名参与实验指导的教师参加。教学研讨会一般安排在每周一,即每个单元实验开始前两天进行,研讨的主要内容包括3个方面:(1)前次实验总结交流。每位指导教师介绍本班实验情况,交流教学经验;共同分析单元实验内容设计和组织是否存在不足,教学过程中是否存在共性问题并提出针对性的改进措施。(2)本周实验教学讨论。老师们共同浏览本周的教学课件,逐页逐项讨论,每位老师结合自己的教学心得,对实验流程和步骤各抒己见,充分讨论后由负责编写课件的教师现场修改,形成统一的课件。每位指导教师在统一课件的基础上,可融入自己的教学特点与经验,进行适当修改和调整。(3)组织观摩实验一的稀释涂布法分离微生物的培养平板、实验六的划线法分离微生物的培养平板和实验十混合平板计数法的培养平板,交流这几个重要技术的操作细节以及学生在实验操作中哪些环节容易出错,从而让指导教师更有针对性地指导学生。教学研讨会时长不定,笔者粗略估算,每周教学研讨会的平均时长约为1 h。目前该研讨会制度已连续开展了6年,显著地提高了实验教学效果,提升了中青年教师的教学水平。在近期学校组织的教学检查中,几位承担微生物学实验教学的青年教师均获得了学校教学督导组的高度评价。青年教师何伟主编的《微生物学模块化实验教程》一书已由高等教育出版社出版发行并作为主持人申请获得了江苏省教育教学改革项目<sup>[4]</sup>。目前笔者所在的生命科学学院拟将微生物学实验的教学研讨

会制度在全院推广实施,来全面提升生物学基础实验学科的教学水平。

笔者在推行教学研讨会制度之初也曾担心教师们不愿意参加,但从近几年实施情况来看,教师们的参与积极性非常高。笔者对此进行了一些思考,认为除了教学团队有重视教学的传统外,还有以下两点原因:(1)培养目标的认同感。模块化实验教学体系融入了科学研究的基本要素,具有一定的研究性,因而指导本科学生实验不仅要教会学生掌握特定的技能,还要训练学生的研究能力。这和培养研究生的目标类似,因而容易得到培养研究生的教师的认同,使教师有兴趣参加教学。(2)做好微生物学实验教学工作能促进教师教好其他微生物学课程。一些指导微生物学实验的教师承担了发酵工程、酶工程和发酵制品技术实训等课程的讲授任务。微生物学实验的教学历练,老教师的指点使这些教师授课更加有的放矢。如讲述发酵工程课程的“工业微生物菌种筛选和选育”内容时,教师列举“产淀粉酶菌株的筛选和选育”的事例,让学生回忆实验情境和过程,然后结合工业微生物的应用性特点来讲授,便能达到良好的教学效果。在讲述“培养基”内容时,从模块二“产淀粉酶菌株筛选”的实验目标引出双酶水解法制备淀粉糖的讲述;从单元实验七“不同培养条件对细菌生长和淀粉酶活性影响”引出工业发酵培养基优化的讲述。因此加强微生物学实验教学能促进教师教好其他微生物学相关课程;反之,这些课程的讲授又促进了学生对微生物学知识体系和实验方法的融会贯通。

### 3 建立与模块化微生物学实验课教学体系相匹配的多样化考核方式

考核是实验教学体系的重要环节,是评估学生学习成效的重要手段。传统微生物学实验考核方式相对单一,通常将实验基础理论考试和单元实验报告作为成绩评定的主要依据。这种评价方法的不足之处在于大部分学生只注重实验结果和实验报告的书写,而忽视了实验过程的体验,同时学生基于

某一个科学问题层面上的探究能力和综合分析能力得不到锻炼<sup>[5,8]</sup>。这种“一实验一报告”的考核方式如应用于综合性、研究型模块化实验考核,会使模块化实验丧失培养学生的综合能力和探究能力的设置初衷。笔者对模块化微生物学实验课考核方法进行了一系列的改革。

### 3.1 平时注重实验过程的通过性考核

在模块化实验教学中,为了增加实验的探究性,提升学生的学习主体地位以及激发学生的学习兴趣,要求学生自行采集样品,然后从中分离和纯化微生物菌种以及围绕该菌种开展一系列连贯性实验。每个实验小组采集地不同,微生物的数量和种类会大不相同,因而每个实验小组的计数结果、平板菌落形态等结果会不同,甚至同一块平板上挑取的菌落不同,革兰氏染色结果和油镜观察到的菌体大小和形状都可能不相同。因此,指导教师要逐个地观察各实验小组的结果和指导结果分析。笔者所在教学团队因势利导,建立了实验过程的通过性评价制度。要求学生使用显微镜观察的实验结果以及涂布和划线的平板培养结果必须经由指导教师检查和确认通过后,才能清理显微镜和清洗培养皿。教师记载各组实验结果的成功与否,待该模块的全部内容完成后,结合模块论文中提供的照片质量予以评分;对不成功者的评价,则要看论文中对不成功的原因是否进行了合理的分析。

### 3.2 期末进行实验操作性考核

微生物实验的核心教学目标之一是教会学生微生物学的基本技术和方法,而且基本实验技能是科研能力和创新性能力的重要组成部分,没有很强的动手能力,不但不能创新,甚至基本的模仿研究工作也开展不好,因而教学团队要求指导教师高度重视学生的微生物学基础实验技能的训练<sup>[5]</sup>。与之相适应,笔者对期末考核作了较大调整。不再笔试实验理论,全部改为现场操作考试,给予每个学生实践性评价。将主要实验技术如细菌单染色和油镜观察、单菌落划线分离与试管斜面转接技术、平板

制作与稀释涂布分离微生物,酵母细胞大小和数量测定,实验器具包扎与灭菌等组合成5组考题,所有考题在考试前一至两周向学生公布。学生在考试前随机抽取一题进行现场操作,全体实验指导教师分别给每位考生打分,然后计算出平均成绩,该考试成绩占总评成绩的50%。由于是随机抽取考题和逐个过堂考试,学生没有侥幸心理,大都数学生平时能认真练习各种实验操作技术,考试前进行巩固性练习。

### 3.3 将撰写单元实验报告变成撰写模块实验论文,突出综合能力和思考能力的评价

模块化实验具有很强的连贯性和综合性,非常适合于用研究论文的形式来撰写实验报告<sup>[3]</sup>。笔者摒弃了每个单元实验结束后撰写一份单元实验报告的传统方式,改为要求学生在各模块实验结束后,将实验结果和数据进行整理,查阅相关文献,然后参照其样式并按照科研论文的规范格式撰写研究论文。论文评阅成绩占总评成绩的50%。论文评价要素主要包括论文格式是否包含前言、材料与方法、结果、讨论和参考文献;图片的美观度和图片标注是否规范,是否针对实验结果进行了合理的讨论等。评价重点之一是学生能否将实验材料与方法、实验结果进行有效的综合,如学生仍按照一个单元实验写一个实验报告,然后将几篇实验报告拼凑成论文,则被视为不合格。评价重点之二是学生有没有就不成功的实验结果进行思考和寻找原因,因为这样的思考能力是学生极其重要的科研素养之一。

### 3.4 组织优秀实验成果展示活动,入选者给予激励性加分

与其他实验课程相比,微生物学实验的优势在于在一块平板上经过简单培养就能观察到各种微生物的菌落特征和多样性。因而笔者在“环境微生物多样性调查”模块实验结束后,组织以实验班级为单位开展“精彩的微生物世界”优秀实验成果展示活动。每个实验小组将拍摄的四大类微生物菌落



图、细菌单染色和革兰氏染色图、放线菌基内菌丝和孢子丝、酵母出芽繁殖、霉菌菌丝和孢子、噬菌斑等图片按照规范的格式标注, 班级汇总后, 选出15-20张代表性图片, 由学生自己设计成展板并面向全院师生公开展示。入选优秀图片展的学生可获得奖励性成绩加分和提高论文评价等级。经过这次活动, 入选优秀结果图片展学生的成就感和学习积极性明显增强, 所有学生的拍照水平和图片处理能力有明显的提升。

综上所述, 笔者从教学内容体系的构建、教学队伍建设和考核方式3个方面介绍了我校建立模块化微生物学实验课教学体系的一些做法和经验。笔者深感教学队伍建设和加强教师对教学的投入是提高教学质量的核心, 采用教学研讨会制度非常有利于完善教学体系, 提高教学效果以及提升青年教师的教学水平。在教学内容体的构建方面要注重验证性和探究性的融合, 始终重视学生的微生物学基本实验技能的训练这一核心任务, 避免重视实验的创新性和探究性而忽视基础性和验证性的倾向。

## 参 考 文 献

- [1] Hong L. The exploration of modular teaching pattern for Microbiology Experiment in Peking University[J]. Microbiology China, 2014, 41(4): 744-747 (in Chinese)  
洪龙. 北京大学微生物学实验课模块化教学的探索[J]. 微生物学通报, 2014, 41(4): 744-747
- [2] Zhou YJ, Liu Y, Dai JF, et al. Exploration and practice on the reformation for the microbiology experiment teaching methods[J]. Microbiology China, 2009, 36(10): 1609-1613 (in Chinese)  
周宜君, 刘越, 戴景峰, 等. 微生物学实验教学改革探索与实践[J]. 微生物学通报, 2009, 36(10): 1609-1613
- [3] Liu ZW, Qu NR, Gao DW. Opening experiment of microbiology[J]. Microbiology China, 2011, 38(1): 118-122 (in Chinese)  
刘志伟, 屈年瑞, 高大威. 微生物学开放性实验的探索与研究[J]. 微生物学通报, 2011, 38(1): 118-122
- [4] He W, Xu XS. The Modular Microbiology Experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2014: 1-117 (in Chinese)  
何伟, 徐旭士. 微生物学模块化实验教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014: 1-117
- [5] Yuan S, Xu XS, Dai CC, et al. Reform and practice of experimental curriculum in Microbiology[J]. Higher Education of Science, 2012(2): 138-140 (in Chinese)  
袁生, 徐旭士, 戴传超, 等. 微生物学实验课程的改革与实践[J]. 高等理科教育, 2012(2): 138-140
- [6] Yin JX, Shen GJ. Exploration and practice of gradual research-oriented teaching pattern in microbiology experiment teaching in local college[J]. Microbiology China, 2013, 40(9): 1703-1709 (in Chinese)  
尹军霞, 沈国娟. 渐进式研究性教学模式在地方院校微生物实验教学中的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2013, 40(9): 1703-1709
- [7] Chen XD, Tang XF, Zhu Y, et al. The characteristics and the construction plan of the national microbiology curricula team of Wuhan University[J]. Microbiology China, 2009, 36(12): 1931-1934 (in Chinese)  
陈向东, 唐晓峰, 朱应, 等. 武汉大学微生物学系列课程国家级教学团队的特色与建设思路[J]. 微生物学通报, 2009, 36(12): 1931-1934
- [8] Zhang QF, Chi NY. Establishment and implementation of the evaluation system in microbiology experimental education[J]. Microbiology China, 2009, 36(9): 1432-1435 (in Chinese)  
张庆芳, 迟乃玉. 微生物学实验教学考核评价体系的建立及实施[J]. 微生物学通报, 2009, 36(9): 1432-1435