



探索性试验在畜牧微生物学实验教学中的实践与思考

洪奇华 王佳堃*

浙江大学动物科学学院 浙江 杭州 310058

摘要: 畜牧微生物学是一门应用性极强的课程, 教师演示、学生重现的传统微生物学实验无法满足培养畜牧创新人才的需求。为提高学生在畜牧生产中灵活运用微生物学知识分析和解决实际问题的能力, 经 5 年的摸索, 针对畜牧微生物学实验, 我们逐渐完善了一套理论课程铺垫、基础操作技能传授与探索性试验提升相结合的教学模式。该模式激发了学生的创新动力, 提高了学生的科研能力。

关键词: 畜牧微生物学实验, 探索性试验, 创新人才培养

Application and reflection of exploratory trial in the laboratory teaching of Animal Husbandry Microbiology

HONG Qihua WANG Jiakun*

College of Animal Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China

Abstract: Animal Husbandry Microbiology is a course with high applicability. The traditional teaching mode that students follow teachers' experimental demonstration cannot meet the needs of cultivating innovative talents in Animal Husbandry. To improve students' ability of using microbiological knowledge to analyze and solve practical problems in animal production, we gradually completed a set of teaching mode combining theoretical course, basic operation skills and exploratory trial after five years of exploration aiming at Animal Husbandry Microbiological Experiment. This mode stimulated students' creativity and improved their research ability.

Keywords: Animal Husbandry Microbiological Experiment, exploratory trial, cultivation of innovative talents

畜牧微生物学是微生物学的一门分支学科, 畜牧微生物学的任务是将微生物学(包括免疫学)的基本理论和技术知识综合应用到畜牧业生产中, 促进畜牧业经济的发展^[1], 是一门理论与应用相结合的课程。我校畜牧微生物学由 32 学时的

理论课和 32 学时的实验课构成, 跨越秋冬 2 个学期。实验是畜牧微生物学课程的重要组成部分, 实验课教学是理论与实践相结合的纽带, 是提高教学质量、实现素质教育和创新人才培养目标的重要教学环节^[2]。只有过硬的微生物操作能力,

Foundation items: "13th Five-Year Plan" Education Reforming Project of Zhejiang University (Zdjg08009); The 2021 Undergraduate Teaching Research Project of Zhejiang University (Zdjg21098)

*Corresponding author: Tel: 86-571-88982389; E-mail: jiakunwang@zju.edu.cn

Received: 13-01-2021; **Accepted:** 18-03-2021; **Published online:** 07-05-2021

基金项目: 浙江大学高等教育“十三五”教学改革研究项目(Zdjg08009); 浙江大学 2021 年度校级本科教学研究项目(Zdjg21098)

*通信作者: Tel: 0571-88982389; E-mail: jiakunwang@zju.edu.cn

收稿日期: 2021-01-13; 接受日期: 2021-03-18; 网络首发日期: 2021-05-07

才能保证在畜牧生产中灵活运用微生物学知识分析和实际问题。然而当前的大多数高校畜牧微生物学实验仍沿用微生物学实验内容,在教师讲授实验原理、演示操作方法后,学生 2-4 名为一组,依照规定的实验操作步骤、教师事先准备好实验材料,重现实验结果。这种成功率很高的教学模式有助于教师在有限的授课时间内准确传授学生实验操作技能^[3],但对大多数学生来讲,他们并不会考虑“要如何准备实验材料、准备多少实验材料”“这些材料的准备与实验目标的达成有何内在联系”“这些片段化的实验操作技能如何解决实际畜牧业生产问题”。在教师的提前准备和实验操作指导的帮助下,看似学生们掌握了实验操作技能,但这是一种没有经历过实践检验的技能。

为有效激发学生的学习主动性、挖掘学生的创造力、内化实验操作技能,满足高校对人才培养目标的要求^[4],经过 5 年的摸索,我们逐渐完善了一套理论课程铺垫、基础操作技能传授与探索性试验提升相结合的教学模式,取得了较好的教学效果,深受学生好评,现撰文与同行分享。

1 理论课程铺垫和基础操作技能传授

1.1 尽早明确任务,埋之予“火种”

首次上课即让学生明确畜牧微生物学的课程体系、课程目标,将历届探索性试验的内容和所取得的成果介绍给学生,让学生有感性的认知,有提前准备意识,在学生的潜意识里埋下赶超学长的种子。

任务明确了,但对于刚刚接触畜牧微生物学课程的本科生来讲还是无从下手,这就需要理论课的授课方式由传授式转变为启发式。

1.2 启发式专题教学,启之予“问题”

为了启发学生借助文献整理问题,找到自己的兴趣点,我校的畜牧微生物学以专题设置课程内容。在微生物总论的基础上,主要设置了“饲料贮藏过程中微生物毒素污染情况、毒素清除方法”“微生物饲料、青贮饲料的原理、加工调制方法和

评价体系”“益生菌的作用途径、开发方法及筛选、评价体系”“畜禽消化道微生物的研究方法、研究内容及最新进展”“畜禽粪尿的微生物处理方法及应用现状”“饲养方式、药浴方式对乳房健康状况及乳微生物组成的影响”,以及“畜产品加工和贮藏过程涉及的微生物学”等专题。以产业现状引入专题后,启发学生发现其中的科学问题,带领学生查找文献回答科学问题。在这个过程中,引领学生如何作答是核心。同时教师需要基于专题的文献检索和生产实际,梳理出科学和产业问题,启发学生找到兴趣点和创新点。例如青贮饲料专题,在讲述青贮饲料的定义和原理后,需要学生们回答制备青贮饲料的必要性,启发学生去思考“青贮饲料为何在反刍动物生产中占有重要位置”“为何我国青贮饲料原料组成与国外相去甚远”,从而引导学生去考虑“农作物秸秆,果蔬、花卉废弃物、行道果木,水体净化植被的饲料化利用”。一旦学生有了这个想法,那就需要想办法呈之予“渔”、授之予“技”了。

1.3 专题内强调研发途径和评价体系,呈之予“渔”

如果学生想完成上述探索性试验内容,研发途径和评价体系是学生绕不开的环节。然而这一环节的准确和细致程度决定了试验目标的达成度,所以在理论课上要明确这些内容。例如青贮饲料专题,在启发学生因地制宜地利用非常规饲料资源的基础上,要讲述青贮饲料的制作工艺(包括制备青贮的最优方法、添加剂的种类和使用原则)和青贮饲料质量评价体系,讲述需要细致到解读每个参数的评定方法和参数测定结果。

1.4 集中传授基础操作技能,授之予“技”

探索性试验涉及的部分实验手段是已在分子生物学和动物营养学实验课程上学习过的,微生物学理论课上详细讲述了各专题的研发途径和评价体系,因此学生在开始探索性试验时不会很困惑或感到手足无措。但学生们还没有微生物学实验的基本功,所以在开始探索性试验前的 3 周,

需要强化学生在微生物学实验上的基础操作技能。为此前 3 次实验课设置了培养基的配制、微生物形态观察、乳及青贮饲料中微生物计数和微生物分离培养几个基础实验,提升学生的基本实验操作尤其是无菌操作能力。

2 探索性试验提升

探索性试验是在首次理论课时就布置下去的,所以当学生有了一定感性认识后,积极鼓励他们提出试验想法、主题。在可行性评估的基础上,引导其细化试验方案,方案中完整提供需要的试剂、耗材,甚至试验动物的信息,以供教师提前收集“试验菜单”,保证试剂及时订购。

2.1 试验分组

5 年来,浙江大学动物科学专业的招生规模分别为 23、43、53、64 和 47 人,除 23 人的年级外,其他年级均分为 2 个行政班进行基础操作技能教授。浙江大学本科生培养方案中要求“四课堂”融通,即将以通识课程和专业课程为载体的第一课堂与科研训练为载体的第二课堂、生产实习和社会实践为载体的第三课堂、海外交流和海外科研训练为载体的第四课堂衔接融通,全面提升本科生的综合素质。大学生科研训练项目(Student Research Training Program, SRTP)作为学生们第二课堂的一项重要,在 2-3 年级时,几乎全部学生已经有参与科研训练的经历。基于学生前期的科研训练经验,探索性试验打破“行政班”界限,由学生们自由组合,4-6 人为一组,每组设置组长。试验小组组队完成后,由组长牵头,组员们与教师和助教共同建立微信群/钉钉群保证顺畅交流。

2.2 试验选题

尽管微生物的应用范围很广,聚焦畜牧行业进行微生物学的学习与研究才是本课程的教学目标。因此,为了保证试验质量,在专题教学的过程中时刻注意引导学生们聚焦在几个关键的问题上,如非常规饲料资源利用、植物提取物抑菌和功能性微生物筛选等,并引导学生将其在研的科

研训练项目与探讨性试验相结合。例如前期的科研训练项目是行道树落果提升油菜秆青贮品质,则引导学生们在探索性试验中侧重于乳酸菌、酵母和霉菌的计数,乳酸菌的测序鉴定;前期的“节能减排”项目是大蜡螟幼虫降解聚乙烯,则引导学生们在探索性试验中侧重于大蜡螟幼虫肠道中聚乙烯降解菌株的筛选和鉴定。

2.3 试验开题

在探索性试验开始前,安排集中开题,学生以幻灯片的形式将试验背景、目的和意义、试验设计及预期成果进行展示,供教师和同学们质疑,以便同学们取长补短。虽然工作日全天开放实验室以供学生进行探索性试验,但学生的时间、精力有限,在开题过程中教师要松紧配合,保证学生自主探索积极性的同时,严格把控试验的工作量,帮助学生们留出一定量的试错时间。

2.4 试验过程

探索性试验开始后,线上线下联动,全面开放教师、助教和实验室,确保试验顺利进行。针对反馈慢或反馈不积极的学生,教师需要主动跟踪试验进度,做到早发现、早纠正,帮助减少走弯路的次数,提高学生的自信心。此外,在试验过程,浙江大学动物科学学院本科生教学中心与本课程教师和助教的办公室相邻,管理具有一定的空间优势。

2.5 试验评价

试验是强化学生分析问题、解决问题、巩固实验技能的过程,激发学生理论联系实际的过程,因此试验结果评价非常重要。探索性试验结果评价包括试验方案设计(方案设计的可行性与合理性)、试验参与度(组员间对参与度的相互评分)、试验结果(实验报告数据的完整性、分析的科学性)、试验感悟(失败原因分析、试验改进方案) 4 部分。评价过程中,我们不在乎学生试验能否成功、获得优异结果,但试验过程中学生的参与度、对试验操作的困惑、对试验结果的解读、失

败原因的分析是我们需要特别关注的。因此在试验后,教师需认真批改试验总结,并及时反馈给学生,深化试验价值。

2.6 经费保障

浙江大学为鼓励探索性试验的开展,每年除下拨给每个实验教学中心正常安排的实验材料费外,还设立专项资金供学院实验教学中心申请。学校为推进探索性试验的开展和经费的规范使用,每学年对各学院探究性试验教学工作进行考核。

3 探索性试验教学成效

3.1 探索性试验部分选题及试验结果

开展探索性试验的 5 年时间里,学生们的思

维非常活跃,学生的选题涉及牛奶的保存方式、酸奶的益生效果、猫砂的研发、植物提取物的抑菌效果、昆虫肠道功能菌株筛选等,部分选题及试验结果见表 1。

3.2 学生评价

试验结束后,除需以组为单位提交试验结题报告外,每位学生还需要基于自己参与的试验写出个人试验感悟。试验感悟重点分析试验成败的原因;结合科研实习及毕业实习,改进试验的方案。经过 5 年的摸索,学生已充分认可探索性试验(表 2)。课程教师被学生们评为“2019 年度我最喜爱的老师”。

表 1 探索性试验部分选题及试验结果

Table 1 Part of topics and results of exploratory trial

选题 Topics	目标 Objectives	结果 Results
微生物与全混合发酵饲料品质的关系研究 The relationship between microorganism and the quality of total mixed fermentation diet	探究不同来源全混合发酵饲料中的优势乳酸菌种对玉米秸秆青贮品质的影响 Identify the major lactic acid bacteria strains from different fermented total mixed rations with the metagenomic analysis, and evaluate the ability of their type culture strain as an ensiling inoculants for corn stover silage	<i>Lactobacillus paralimentarius</i> 改善玉米秸秆青贮品质的作用优于 <i>L. helveticus</i> 、 <i>L. veginalis</i> 和 <i>L. reuteri</i> , 与商品化的青贮宝相近 <i>L. paralimentarius</i> precedes <i>L. helveticus</i> , <i>L. veginalis</i> , <i>L. reuteri</i> and was match for commercial silage inoculant in improving the quality of corn straw silage
生物可降解猫砂的研制 Development of biodegradable cat litter	选取锯末、豆腐渣、膨润土、松木 4 种垫料,基于排泄物残留有机质、氨释放量来判断制备生物可降解猫砂的可行性 Four kinds of bedding materials: sawdust, bean curd residue, bentonite and pine wood were selected. The feasibility of developing biodegradable cat litter was judged basing on the residual organic matter and ammonia release	锯末与膨润土垫料可降低氨释放量,其中锯末垫料效果更优 Both sawdust and bentonite can reduce ammonia release, while sawdust has better effect
泌乳奶牛发酵床中纤维素降解菌与尿素降解菌的分离 Isolation of cellulose degrading bacteria and urea degrading bacteria from breeding bed of lactating dairy cows	分离筛选发酵床中的纤维素降解菌与尿素降解细菌 Isolating cellulose degrading bacteria and urea degrading bacteria	分离纯化到 <i>Rhodococcus rhodochrous</i> , <i>Paracoccus denitrificans</i> 突变株和 <i>Bacillus paralicheniformis</i> Successful isolation of <i>Rhodococcus rhodochrous</i> , mutant <i>Paracoccus denitrificans</i> and <i>Bacillus paralicheniformis</i>
添加绿汁发酵液、乳酸菌制剂以及南方传统咸菜腌制发酵液对青贮白菜发酵品质的影响 Effects of green juice fermentation broth, lactic acid bacteria and southern traditional pickle fermentation broth on fermentation quality of cabbage silage	评价添加绿汁发酵液、乳酸菌制剂以及南方传统咸菜腌制发酵液对青贮白菜发酵品质的影响 Evaluating the effects of lactic acid bacteria from different sources on silage quality	绿汁发酵液的效果优于咸菜腌制发酵液, 优于青贮宝 The effect of green juice fermentation broth on cabbage silage was better than that of pickled fermentation broth and the commercial silage inoculant

(待续)

(续表 1)		
真菌预处理改善姜苗饲用价值研究 Fungal pretreatment improves feeding value of ginger seedling	选用 2 种真菌单独及组合对姜苗进行真菌预处理, 测定处理 5、10、20 d 后姜苗的中性洗涤纤维含量 Two fungal strains were separately or simultaneously used as pretreatment. The neutral detergent fiber content of ginger seedling was determined 5, 10 and 20 days after fungal pretreatments	黄孢原毛平革菌(<i>Phanerochaete chrysosporium</i>) 30942、拟康宁木霉(<i>Trichoderma koningiopsis</i>) 2660 及两者的组合可显著降低全株姜苗的中性洗涤纤维含量 <i>Phanerochaete chrysosporium</i> -30942, <i>Trichoderma koningiopsis</i> -2660, and their mixture degraded neutral detergent fiber of ginger seedling significantly
茶叶浸提液对金黄色葡萄球的抑制效果 Inhibition of tea extract on <i>Staphylococcus aureus</i>	以绿茶、红茶、乌龙茶 3 种主流茶叶为原料, 按不同人群饮茶习惯配制不同浓度的茶水, 并比较灭菌茶水与真实环境泡制茶水对口腔细菌的抑菌效果 Green tea, black tea and oolong tea were tested. Different concentrations of tea were prepared according to the drinking habits of different groups of people, and the antibacterial effects of tea with or without sterilization on oral bacteria were compared	3 种茶叶中绿茶对口腔分离纯化到的金黄色葡萄球菌抑制效果最好, 乌龙茶其次, 红茶几乎无效, 而且茶水的浓度越高, 抑菌效果越好 Among the three kinds of tea, green tea had the best inhibitory effect on oral <i>Staphylococcus aureus</i> , followed by oolong tea, black tea had almost no effect, and the higher the concentration of tea, the better the antibacterial effect
乳酸菌饮品对饲料报酬的影响 Effect of lactobacillus drink on feed reward	以小鼠(<i>Mus musculus</i>)为模型, 利用双重差分法, 探究了乳酸菌饮品与饲料报酬之间的关系 The relationship between <i>Lactobacillus</i> drink and feed reward was studied using double difference method in mice (<i>Mus musculus</i>) model	基于连续喂养小白鼠 15 日的数据, 市售乳酸菌饮品可降低小鼠的饲重比, 但乳酸菌饮品之间的差异并不显著 Mice were fed continuously for 15 days. Based on the data, commercially available <i>Lactobacillus</i> drink can reduce the feed weight ratio of mice, but the difference between <i>Lactobacillus</i> drinks is not significant

表 2 探索性试验的学生评价

Table 2 Students' assessments of exploratory trial

内容	评价
Content	Assessment
设计思路	经历文献查阅和开题, 使试验设计能力有所提升, 充分意识到试验设计的重要性
Designing	Through literature review and proposing a thesis and expound its feasibility, the ability of experimental design has been improved and the importance of experimental design has been fully realized
实验操作	提高了独立思考的能力 Improve the ability of independent thinking
Operation	实验动手前必须先规划和完善操作方案 It is necessary to plan and perfect the operation scheme before conducting experiment 实验操作要严谨, 细节决定成败 The operation of the experiment should be rigorous, details determine success or failure
试验感悟	做好周密的计划, 尽量对任何可能出现的状况有一个预判, 避免错误的出现, 实验是这样, 其他事也是
Reflections	Make careful plan, try to have anticipations of possible situations to avoid emergency. Experiment is like this, so do other things 结果的观察同实验操作一样重要 The observation of results is as important as experimental operation 做实验最重要的就是耐心和细心 The most important thing for experiments is patience and carefulness 寻找错误的过程是书本中无法给予的 The process of making and solving mistakes cannot be given by books 做实验过程中也不能人云亦云 Do not follow the herd in the process of experiments 实验过程中可以通过转化思路、选择其他的方法解决出现的问题 In experiment, we can solve problems by changing ideas and try different methods

3.3 学生取得的成果

近年来,探索性试验大幅提升了学生的实验技能,多名学生在科技创新、科学研究取得了优异的成绩:获第三届全国大学生动物科学专业技能大赛团体一等奖,获第三届全国农林高校牛精英挑战赛总成绩特等奖等;创新创业能力得到了充分训练,“生物可降解猫砂的研制”获得了浙江省和浙江大学创新创业类项目的资助,“蚕丝蛋白/金纳米材料复合体构建及其光热治疗功能”获浙江省第十六届“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛特等奖,在《中国畜牧杂志》、*Journal of Animal Science and Biotechnology*、*Biotechnology for Biofuels* 等杂志上参与发表论文多篇,参与申请国家发明专利 10 多项。

4 探索性试验存在的问题及其解决办法

4.1 搭建虚拟仿真平台、出版电子书,解决关键技术掌握不足问题

虽然在探索性试验前已安排了 3 次微生物基本操作技能训练,但由于时间的限制,学生们对所教授的内容掌握程度不同。为此,该课程积极搭建虚拟仿真平台,以期通过线上的方式强化学生的实验操作能力,加深对课程理论知识的理解。申报的“青贮饲料的加工与调制”已入选 2020 年度浙江省级虚拟仿真实验教学项目。该项目涉及乳酸菌、酵母菌、芽孢杆菌、霉菌等的生物学特征观察,乳酸菌的分离纯化,乳酸菌、好氧细菌、酵母及霉菌的平板计数,青贮饲料制作规范,青贮饲料理化品质评定,细菌 DNA 提取与浓度测定,荧光定量 PCR 等实验技能。另外,该课程已积累了大量实验操作视频,正在撰写《畜牧微生物学实验指导》,期望以电子书的方式使学生们更全面、准确掌握实验技能。

4.2 搭建线上试验项目文库,规避选题宽泛问题

学生们从事探索性试验的积极性很高,思维也特别活跃,往往会有偏离课程教学目的和教学内容的试验设计。例如 2018 年有一组学生的选题

为不同植被附近水域中细菌含量的比较研究。她们以浙江大学紫金港校区启真湖中柳树林、水杉林和芦苇为研究对象,通过水体表观概况、细菌和大肠杆菌总数的测定、耐热大肠菌群和大肠埃希氏菌群的测定,初步推断柳树可能存在某种净水功能。虽然该组试验设计、试验过程及试验结果分析均优,但与畜牧专业所需知识和技能无直接关系,而且由于涉及实验室不常备的水体参数测定试剂,试剂采购耗时较长。为了使探索性试验内容选择上紧扣课程的教学目的和教学内容,减少非常规试剂的采购,我们将搭建线上试验项目文库,将历年较好的试验设计、研究结果、结题报告上传,并有目的地给出试验项目指南,激发学生创新意识和创新思维的同时,缩小选题范围,增加选题合理性。目前该部分内容已通过学校线上学习平台——“学在浙大”上线。

4.3 增设中期技能考核环节,确保教学质量

这套将理论课程铺垫、基础操作技能传授与探索性试验提升相结合的教学模式在我们的逐渐完善下,深受学生好评,取得了较好的教学效果。但确实仍存在学生的参与度不同,有少部分学生只是按组长分工完成部分试验内容,除原有的试验方案设计、试验参与度、试验结果、试验感悟 4 部分试验评分体系外,需要在试验过程中增加技能考核环节,以保证教学质量。目前拟推行的是预约制,即学生依据其探索试验进度,提前通知教师其平板制作、平板计数等重要的实验环节,教师会现场对学生的操作进行打分。

4.4 增设一组教师开放课题,实行差异化因材施教

因为学生们已经有组队开展试验的经历,确实有少数几位学生会因以往试验时参与度不高、试验操作技能差等原因,在此次分组时落单。基于这种状况,考虑到的解决方案是增设一组教师开放课题,由教师引领,助教牵头通过引导方式指导激发这些学生的参与度,并反复强化其操作技能。

4.5 增设问卷调查, 完善学生反馈体系

以往除上交试验结题报告外, 学生们需要上交 2 000 字左右的感悟, 通过学生们的感受和建议完善理论课和实验课的教授内容和操作方式。但仍存在学生反馈方式单一、反馈内容有限的问题。因此, 建立一套灵活多样的反馈体系尤为重要。立足于教学改革已经执行 5 年, 所培养的部分学生已在本行业发展。不仅可以在学生试验当年获得反馈, 也可以对已毕业学生进行追踪。为此拟从“效果与目标的达成度”“学生的满意度”和“与工作适应度”等几方面有针对性地开展本届及往届学生的问卷调查。

4.6 联动外在保障政策与内在投入动力, 持续提升教改质量

探索性试验与验证性实验最大的区别在于其更接近科研试验, 由于试验经验的缺乏, 多数学生不能在规定的课时内完成, 意味着需要教师更多的付出, 学生更多的投入。在科研产出导向的教师评价背景下, 如何保证每一位指导教师的付出; 在以学习成绩为主要导向的本科生评价背景下, 如何保证每一位学生的投入都是关乎教改持续增效的核心问题。为持续提升教改质量, 需要联动外在保障政策与内在投入动力。内在投入动力在于激发指导教师和学生对探索性试验的积极性。前期探索性试验取得的成效经过教师、学生之间的口口相传, 后期师生对探索性试验投入的积极性大大提高。作为教师与学生相互了解的好渠道, 探索性试验大大加强了师生之间的交流,

并促进了师生间相互了解。一方面, 在学生报考研究生和教师招生的双向选择环节时, 这种了解使得双方都能够更加理性、准确; 另一方面, 在学生留学申请和推荐过程中, 课程指导教师对其的推荐内容更丰富和详实。通过此教改, 教师和学生均直接受益。课程已充分突显教师在本校研究生报考环节的优势, 本专业本科生出国深造率也在 20% 以上。外在保障政策在于学校和学院, 例如对学分、工作量的适度调整, 对教师评价体系往教学方向的适度倾斜, 会更进一步激发教师和学生的投入。

REFERENCES

- [1] Huang QY. Animal Husbandry Microbiology[M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2009 (in Chinese)
黄青云. 畜牧微生物学[M]. 5 版. 北京: 中国农业出版社, 2009
- [2] Wu XF, Gao XJ. Report on the Construction and Development of University Laboratory[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2014 (in Chinese)
武晓峰, 高晓杰. 高校实验室建设发展报告(2014)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014
- [3] Zhang ML, Jia CF. Application of personalized teaching method in Microbiological Experiment[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1230-1233 (in Chinese)
张美玲, 贾彩凤. 个性化实验在微生物学实验教学中的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1230-1233
- [4] Lin Y, Li L, Teng Q. Personalized teaching method for undergraduate experiment courses[J]. Journal of Ningbo University of Technology, 2014, 26(3): 128-132 (in Chinese)
林勇, 李琳, 滕巧. 本科生个性化实验教学方法探析[J]. 宁波工程学院学报, 2014, 26(3): 128-132