

“三自”教学模式提高遗传学综合性实验的教学效果

何风华, 黎杰强, 朱碧岩, 高峰

华南师范大学生命科学学院, 广州 510631

摘要: 综合性实验是遗传学实验教学的重要模块之一。为了提高遗传学实验课的研究氛围, 全面培养学生的科研创新能力, 本课程组开展了遗传学综合性实验的教学改革: 在教学中以学生为主导, 采用学生自主选题、自主实验、自主创新的“三自”教学模式, 学生利用我院实验教学中心开放的实验室和技术平台完成实验研究, 并撰写小论文。综合性实验的教学是学生在完成毕业论文前的一次科研演习, 通过这项实验, 学生在实验设计与操作、实验数据分析、结果报告等与科研密切相关的综合实验能力得到了加强, 全面提升了学生的团队协作精神和自主创新意识。

关键词: “三自”教学模式; 遗传学实验; 综合性实验教学改革; 实验技能; 创新能力

A new teaching mode improves the effect of comprehensive experimental teaching of genetics

Fenghua He, Jieqiang Li, Biyan Zhu, Feng Gao

School of Life Sciences, South China Normal University, Guangzhou 510631, China

Abstract: To improve the research atmosphere in genetics experimental teaching and develop students' creativity in research, we carried out a reform in comprehensive experimental teaching which is one of important modules for genetics practice. In our new student-centered teaching mode, they chose research topics, performed experiments and took innovative approaches independently. With the open laboratory and technical platform in our experimental teaching center, students finished their experiments and were required to write a mini-research article. Comprehensive experimental teaching is a scientific research practice before they complete their thesis. Through this teaching practice, students' research skills in experimental design and operation, data analysis and results presentation, as well as their collaboration spirit and innovation consciousness are strengthened.

Keywords: a new teaching mode; genetics experiment; reform in comprehensive experimental teaching; research skill; innovation

遗传学是生命科学类专业的主干课程之一^[1]。
遗传学是一门实验学科, 遗传学实验对训练学生的

动手能力和培养学生的科研思维都显得尤为重要。
全国综合性大学、师范、农林和医学院校都开设遗

收稿日期: 2014-09-05; 修回日期: 2015-01-14

基金项目: 广东省高等教育学会实验室研究会基金项目(编号:GDJ2012081), 留学回国人员科研启动基金(2013), 华南师范大学首批创新性实验项目(编号: 2013-524320)和华南师范大学本科教育教学改革项目资助

作者简介: 何风华, 博士, 副教授, 研究方向: 遗传学课程的教学与科研。E-mail: hefth@scnu.edu.cn

DOI: 10.16288/j.ycz.14-298

网络出版时间: 2015-1-15 10:06:48

URL: http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1913.R.20150115.1006.002.html

传学实验课程。最近十多年来,为了提高教学质量,很多院校开展了遗传学实验的教学改革^[2-9]。这些改革涉及遗传学实验的教学内容、教学方法、教学设备和教学手段等诸多方面,各院校的教学理念和教学模式虽各有特色,但都认为综合性设计性实验在遗传学实验课的教学中占有举足轻重的地位。

我校生命科学学院一直重视遗传学实验的教学,遗传学实验单独设置课程,有32学时,1学分。本课程教学组在广泛调研和思考的基础上,针对师范院校的人才培养目标,对遗传学实验的教学内容重新进行了设计,遗传学实验主要包括3大模块:验证性实验、技能型实验和综合性实验^[9,10]。验证性实验主要通过果蝇饲养和杂交实验,验证3大遗传规律和伴性遗传规律;技能型实验主要训练制备染色体玻片标本的两种基本实验技能,即压片法和低渗法;技能型实验的内容包括植物细胞有丝分裂染色体的压片及永久封片的制作、蝗虫精母细胞减数分裂染色体的压片、果蝇唾液腺染色体的压片、低渗法制备小鼠骨髓染色体玻片标本等实验。对于分子遗传学部分的实验,如DNA的提取及纯化、酶切、电泳、目的基因片段回收、PCR扩增等实验,我院安排分子生物学实验课进行专门训练^[11]。验证性实验和技能型实验的教学是老师提前安排好教学内容,着重学生基础知识的巩固和基本实验技能的训练。综合性实验的教学则一改这种老师包办的教学模式,以“国家大学生创新性实验计划指南”中提出的“兴趣驱动、自主实验、重在过程”的实施原则为指导,推行学生自主选题、自主实验、自主创新的“三自”教学模式,着重提升学生的创新意识及实践能力,培养“追求卓越、自主发展”的新型人才。在遗传学综合性实验的教学中,通过放手让学生自主安排实验的相关事宜,充分发挥学生的主观能动性,引领实验教学一步一步从知识教学转向思维和能力的训练,推动实验教学的深层次改革。与其他院校的改革措施相比,我们开设的综合性实验选题范围更为广泛,实验的开放性管理和学生的成绩评价上富有特色,实施多年来,取得了明显的教学效果,现介绍如下。

1 遗传学综合性实验教学改革实施过程

提高学生的综合实践能力是遗传学实验教学改革

的首要目标。在完成验证性和技能型实验的学习后,加强实践与创新能力的培养显得尤为重要^[9]。在遗传学综合性实验的教学中教师应以研究性实验教学为导向,以发现和解决科学问题为核心,要求学生自主选题、自己制定实验方案并自主操作,着重培养学生独立思考和提出问题、自主实验解决问题和报告研究结果的能力,而这些正是科学研究所需要的基本素质。在综合性实验的教学中,教师只需要提供必要的仪器、药品和实验条件,给予必要的协助和辅导。

1.1 学生自主选题

遗传学与生命科学的其他许多分支学科都有交叉,研究内容非常广泛,在综合性实验的教学中选题也非常广泛。合理调整教学与科研的关系,将更加贴近实际、符合遗传学的特点和学科发展方向的内容融入到选题中,有利于激发学生的学习兴趣 and 探究兴趣。团队合作精神也是科研的一项基本素质,我们在教学中将每个班分成多个小组,实验小组的组成以兴趣和自愿为原则,每个小组4~6个同学,每个小组选一个共同感兴趣的题目,组内实现分工协作,培养同学与他人合作解决问题的能力。根据实际条件,我们设计了多个研究性课题^[10]。汇总最近几年同学们实验选题的内容有以下几个方面。

1.1.1 动植物染色体核型分析

染色体核型是指中期染色体按一定顺序排列起来所构成的图像,核型分析包括对染色体的各种特征进行定量和定性的描述,如染色体数目、染色体长度和着丝点的位置、臂比和随体的有无等;通常是将显微摄影得到的照片剪贴而得到核型图,现在也常借助图像分析软件进行核型分析^[10]。为了体现研究性,教师鼓励同学选择未知染色体数目的物种进行研究。我校兰花中心收集了石斛属几十个种的材料,并提供给学生进行核型分析;遗传教研组收集了华南地区葱属植物的几十个种,同学们对其进行核型分析,并进一步根据核型进行聚类分析,研究了葱属植物的亲缘和系统演化关系^[12];还有同学采集了多种校园植物的根尖用于核型分析等研究^[13]。

1.1.2 动植物染色体分带

借助于特殊的处理程序,动植物染色体的一定

部位会显示出深浅不同的带纹, 这些带纹具有物种及不同染色体的特异性。由于染料和处理条件不同会显示 C-带、N-带、G-带等不同条带^[10]。染色体分带是一项重要的细胞遗传学技术, 但由于处理步骤较多, 实验条件需要摸索和优化。卢洪武等^[14]同学对小鼠骨髓细胞染色体 G 带制片技术进行了探讨和优化。黎杰强等^[15]选育了超甜玉米新品种“甜丰 6 号”, 并指导同学研究“甜丰 6 号”和普通玉米品种 G-带带型的差异。

1.1.3 遗传毒理学方面的实验

微核检测是遗传毒理学研究中常开展的一项试验。微核是某种真核细胞受到放射性物质或有毒物质的损伤后, 丧失着丝粒的染色体断片在分裂间期形成的游离于主核之外的一种异常小核, 其大小通常在主核直径的 $1/3$ 以下。已经证明微核率的大小与用药剂量或辐射累积剂量呈正相关^[10]。蚕豆根尖微核测试灵敏度高、技术简单, 常用于检测环境污染或放射性物质的细胞学损伤和遗传毒性效应, 是一种较理想的测试系统。黄海琳等^[16]同学研究了万灵、三氯杀螨醇和多菌灵等农药对蚕豆根尖的细胞毒性效应, 李彩虹等^[17]应用蚕豆根尖微核测试系统监测珠江河涌水的污染情况, 还有同学研究评价食品添加剂的安全性、研究不同重金属离子对微核形成的作用等。

单细胞凝胶电泳技术 (Single cell gel electrophoresis, SCGE) 也能用于检测有毒物质或环境污染物的遗传毒性。SCGE 是一种在单细胞水平检测真核细胞 DNA 损伤的技术, 一些有毒物质或放射性物质对染色体和 DNA 有较强烈的遗传损伤效应, 把经过处理的细胞包埋到低熔点凝胶, 在电泳过程中, 细胞核 DNA 停留在原位, 而染色体 DNA 断片离开细胞核向阳极移动, 经荧光染料染色后, 细胞的电泳形态颇似彗星, 故又称为彗星实验。彗星尾巴的长度和面积、荧光强度等指标可以反映 DNA 损伤的大小, 彗星尾巴越长, 细胞受损伤越严重^[18]。彗星实验中常用的试验材料是小鼠骨髓细胞。学生可以通过彗星实验检测各种环境污染物, 如农药、除草剂、重金属离子、染发剂等对 DNA 的损伤、监测环境污染物对机体的遗传损害, 为环境污染的评价提供新的方法和依据, 学生也可以设计试验探讨条件

因素对彗星分析方法的影响^[10]。

1.1.4 植物多倍体的诱发与鉴定

利用一些物理或化学的方法可以人工诱导植物产生多倍体。处理植物根尖可以得到多倍体细胞, 而处理植物种子或生长点并结合田间选育, 可能得到多倍体植株。多倍体的细胞学鉴定是常开设的实验, 通常的做法是老师提前诱导多倍体, 同学取根尖压片鉴定染色体数目是否加倍^[10]。我们将此验证性实验改造成综合性创新性实验, 将选材、诱导、鉴定的过程都交给同学完成。不同的实验小组应用低温、模拟干旱、秋水仙素处理等不同方法诱导多倍体, 然后对这些方法的诱导效率、效果等进行分析 and 比较。

1.1.5 果蝇性别和寿命影响因素的分析

通过果蝇生存试验能探讨各种药品、保健品是否具有延缓生命衰老的作用。果蝇生存试验就是在果蝇培养基中添加不同浓度的药品或保健品, 每天记录雌雄果蝇的存活数、死亡数、统计性比和死亡率并进行分析的方法。综合性实验课上同学可以研究乙烯利对果蝇性别分化的影响, 还可以将中草药或食用菌的提取物等作为果蝇培养基的添加物, 探讨这些物质对果蝇性别和寿命的影响^[19]。

1.1.6 同工酶遗传标记的分析

同工酶是指催化作用相同但结构和物理性质不同的酶。同工酶是基因表达的产物, 由同一基因座的不同等位基因编码的同工酶又称为等位酶, 它能直接从分子水平上反应基因与性状的关系, 是一种可靠的共显性遗传标记。黎杰强老师^[20]指导同学开展了应用酯酶同工酶技术鉴定水稻种子纯度的研究; 另有同学研究了超甜玉米和普通玉米在过氧化物酶带上的差异, 发现超甜玉米的过氧化物酶带更为丰富一些; 还研究了不同玉米杂交组合亲本和 F_1 之间过氧化物酶带的差异, 探讨杂种优势和酶谱的关系。

统计最近 3 年学生选题的情况(表 1), 发现我们推荐的实验项目都有研究小组选题, 反映学生的学习和研究兴趣非常广泛。但选题分布很不均衡, 绝大多数选题集中在动植物染色体核型分析、微核试验和植物多倍体的诱发与鉴定上; 而染色体分带、单细胞凝胶电泳和同工酶遗传标记分析等实验步骤

表 1 最近 3 年选择各个研究项目的实验小组数

教学年度	小组总数	动植物染色体核型分析	动植物染色体分带	遗传毒理学方面的实验		植物多倍体的诱发和鉴定	果蝇性别和寿命影响因素的分析	植物同工酶遗传标记的分析
				微核试验	SCGE			
2011	29	5	3	7	1	8	2	3
2012	34	6	3	10	3	11	1	0
2013	37	8	2	9	6	9	2	1

较多、难度稍大，果蝇性别和寿命影响因素的分析持续时间很长，选这 4 个实验的研究小组数较少。但实际上这 4 个实验在基础性和技能性试验的基础上进一步加强了科研技能的训练，教师鼓励同学开展这几个实验。

确定研究课题以后，以实验小组为单位讨论研究思路，制定研究计划；同学们以小组为单位用 PPT 演示的方式做开题报告，实验小组相互评议修改，由教师对学生的实验方案做最后把关。开题报告的主要内容包括研究背景、目的、意义和国内外研究概况；研究方法、研究内容；研究条件和可能存在的问题、实验进度安排、预期实验结果等。完成开题报告的目的是要求学生对实验设计、过程和结果分析方法都有全面深刻的理解，让学生认识到实验准备和过程的复杂性，从而加深对实验课的印象。

1.2 学生自主实验

在验证型和技能型实验课上，总是老师准备好实验材料和试剂、安排好实验过程，学生只需要参加，最后得到一个预设的实验结果。综合性实验的目的是培养学生的自主学习和创新思维能力，因此综合性实验的完成应以学生为主体。教师将综合性实验的全过程都交给学生完成，包括实验材料的选择和准备、试剂配制、实验操作、实验结果分析与小论文的撰写等，以期能激发学生的主观能动性和创造性，培养学生的综合实践能力。教师主要为他们营造良好的氛围，强调实验过程中的安全、卫生和团队合作，引导学生根据实验情况不断调整实验方案，以期获得一个好的研究结果。对于实验步骤较少的实验可以完全放手让学生自己做，但对于稍复杂的实验，教师应加强辅导，如单细胞凝胶电泳实验、染色体带型分析和同工酶遗传标记的分析等，教师有必要给予更多的解释和帮助。

对于实验数据和实验结果的分析、讨论，教师

主要起引导作用，帮助学生解答疑问，指导学生撰写研究性小论文，锻炼学生的写作能力。这样，学生在有限的时间内得到全面深刻的训练，在不同的分析和设计过程中巩固所学的理论知识、培养动手能力、创新意识和创新能力。我们的体会是以往总是老师需要为学生做什么，现在则先问学生需要准备什么，让学生完成自我规划，反而效果更好！

1.3 实验报告及成绩评定

重视实验报告的质量，对实验的效果进行客观评价，有利于启发学生的积极思维；重视实验报告的评价对学生也起到很好的督促作用。教师要求每个同学参照科研论文的规范格式，提交一篇小论文。每个实验小组的同学可以共享实验数据，但论文应独立撰写。小论文的内容包括：前言（包括实验目的、背景、研究进展）、实验材料与方法、结果分析与讨论等内容。

教师批阅小论文并对每个同学的论文给出成绩，在给成绩的过程中着重体现对“自主创新”的评价。评价的内容包括：提出了什么问题？解决了什么问题？在实验材料、实验方法、实验结果等方面哪些方面体现了创新性？教师对论文格式，文献引用、图表格式的规范性等方面进行批阅和标示，帮助学生进一步修改提高。

对学生实验的全过程进行监督和考核，才能切实考查出学生对研究工作的热情，客观评价学生自主完成实验项目的能力。我们制定了一套相应的课程考核标准和考核方法^[21]。在综合性实验的成绩评定中，查阅文献、设计实验方案及小组开题报告占总分数的 30%、实验态度和实验操作占 30%、实验结果分析占 20%、小论文的写作占 20%，最后按加权平均算出遗传学综合性实验的成绩。综合性实验在遗传学实验课中占有 50%的比例，而验证性和技能型实验共有 5 个实验，每个实验占 10%，最后根

据各个实验的分数加权算出遗传学实验课的总成绩。

2 保证教学质量的措施

我校生命科学学院每年都有 6~7 个教学班(每班 30 人左右)的同学选修遗传学实验课。由于学生人数众多,选题较为分散,给综合性实验教学的组织和管理工作带来一些困难。为了保证综合性实验的教学质量,我们采取了以下措施。

首先学院非常重视遗传学实验课的教学。在“211 工程”实验设备费的支持下,遗传学教研室建立了 200 多平方米的教学实验室,相关实验设备配置齐全,并且实验室全天候对同学开放^[22,23]。遗传学综合性实验往往需要持续很长时间,必须课内和课外相结合,开放实验室是完成综合性实验的前提条件。我校生命科学学院拥有广东省高校生物学科基础课实验教学示范中心,该中心配置有完备的实验仪器平台和各种大型仪器设备,包括体视显微镜、显微摄影系统、凝胶成像分析系统、流式细胞仪、激光共聚焦显微镜等都能按计划提供给学生使用,保证了实验教学的高质量。遗传学教研室配有专职的实验教师,实验课的任课教师都能随时给同学提供辅导,帮助解决实验过程中遇到的问题,保证综合性实验的顺利进行。

其次,我们重视验证性和技能型实验的教学,因为牢固的基础知识和熟练的实验技术是完成综合性实验的保证。例如染色体核型分析、染色体分带实验、微核实验、多倍体的鉴定都要用到染色体制片技术,常用的染色体标本的制备方法有压片法和低渗法,这两种方法都在技能型实验中反复训练,为学生完成综合性实验提供了保证。

我们学院还建立了遗传学实验课程的教学网站(<http://sky.scnu.edu.cn/life/class/ycsy>),将相关课件和视频放在网站上,供学生预习、自主复习提高。教师引导学生利用我校图书馆丰富的网络数据库等媒体资源查阅文献、熟练应用网络资源和相关软件,深入了解具体的研究内容和进展。遗传学实验室拥有完善的多媒体教学设备,引导学生利用多媒体设备进行 PPT 演示,以期能锻炼学生的口头表达能力和讲解能力。

3 遗传学综合性实验教学改革的效果

遗传学实验在生命科学类课程中占有举足轻重的地位,加强遗传学综合性实验的教学,是培养学生实践能力和创新能力的重要途径之一。多年来,本课程教学组坚持遗传学综合性实验的“三自”教学,增加了课堂教学的研究氛围,提高了遗传学课程的教学效果。通过这项实验,学生在仪器设备的使用维护、实验药品试剂的配置、实验设计与操作、数据分析、结果展示与报告等一系列能力得到了加强,全面提升了学生的综合实验能力。综合性实验的“三自”教学模式还激发了学生的科研兴趣和参与创新性研究的兴趣,增进了学生的团队合作意识和自主创新的能力。

对于实验结果良好的实验可以继续延伸变为学生的毕业论文课题进行更为深入的研究。最近几年,有 30 多位同学在遗传学综合性实验的基础上完成了本科毕业论文,并有多位同学发表了研究论文^[14,16,17,20],有关石斛属、葱属植物的核型分析、彗星实验技术检测药物遗传毒性、超甜玉米同工酶遗传标记分析的论文尚在整理过程中。实验课上教师鼓励学生积极参与科学研究,培养实事求是的科学精神和独立地科研意识。同学们都认为在遗传学综合性实验的过程中获得了必要的实验技能,为顺利完成毕业论文和以后独立开展科研工作打下了基础。另外,“三自”教学模式还提高了大型仪器设备,如显微摄影系统、凝胶成像分析系统和流式细胞仪等的使用率。

“三自”教学模式增加了遗传学课程的探究性和趣味性,提高了遗传学课程的吸引力。为了得到一个实验结果,有的实验小组先后十几次到实验室,探索实验条件和步骤,直到做出满意的实验结果。学生有更多的时间和老师接触,加强师生交流对话,也提高了教师的工作积极性,有利于“教学相长”。遗传学实验课历年都受到学生的好评,学生给任课教师的课堂教学质量评价都在 90 分以上。

4 结 语

培养学生的自学和独立思考能力是高校教学的重要目标之一^[24]。“三自”教学模式突出了学生在实验课中的主导地位,有利于学生的学习从被动接受

转变为主动思考。本课程教学组试图通过改革,让学生体验科研的全过程,帮助学生了解和掌握正确的科研方法,推动实验教学在价值观和学习模式上的进步。当然,创新能力的培养没有固定的模式,本文所叙述的方法只是其中之一。Zhou等^[25]开发了一门新课程,让低年级本科生参与教师的研究项目,认为这样能让学生掌握更多的现代生物实验技能。我们也尝试遗传学综合性实验的教学与教师的科研项目直接结合,让学生直接在老师的研究项目中完成遗传学综合性实验,这将是又一个可行的教学模式。

参考文献

- [1] 张飞雄,李雅轩,胡英考,晏月明,赵昕,蔡民华,任东. 高师院校遗传学教学方法和课程体系改革的思考与实践. 见:张飞雄,李绍武主编. 高等院校遗传学教学改革探索. 北京:化学工业出版社,2010: 3-7. [\[DOI\]](#)
- [2] 皮妍,林娟,郭滨,娄慧玲,蔡新中,田丽芬,顾惠娟,乔守怡. 改革遗传学实验教学方法 培养创新型人才. 实验室研究与探索,2008,27(10): 86-88. [\[DOI\]](#)
- [3] 李雅轩,赵昕,胡英考,张飞雄,晏月明. 遗传学实验教学改革与实践与探索. 实验技术与管理,2006,23(4): 99-101. [\[DOI\]](#)
- [4] 熊大胜,席在星. 本科生遗传学实验教学的改革探讨. 遗传,2005,27(5): 811-814. [\[DOI\]](#)
- [5] 肖建富,石春海. 激发学生对遗传学实验学习兴趣的教学方法探索. 遗传,2014,36(2): 181-187. [\[DOI\]](#)
- [6] 肖建富,吴建国,石春海. 遗传学探究性实验教学的思考及实践. 遗传,2009,31(7): 763-769. [\[DOI\]](#)
- [7] 陈晓芸,林鸿生,林燕文. 加强遗传学实验教学改革提高学生实验综合技能. 中山大学学报论丛,2006,26(6): 27-29. [\[DOI\]](#)
- [8] 冯蕾,舒青,李军林,王莉,吴发伟. 精选医学遗传学实验教学内容,促进实验教学改革. 基础医学教育,2002,4(2): 154-155. [\[DOI\]](#)
- [9] 何风华. 关于遗传学实验教学创新的思考. 实验技术与管理,2008,25(4): 32-34. [\[DOI\]](#)
- [10] 黎杰强,伍育源,朱碧岩. 遗传学实验. 长沙:湖南科学技术出版社,2006: 99-121. [\[DOI\]](#)
- [11] 许秀珍,梁山. 生物化学与分子生物学实验指导. 广州:暨南大学出版社,2003: 122-177. [\[DOI\]](#)
- [12] 周媛媛. 葱属 21 种植物的染色体核型及亲缘关系分析[学位论文]. 广州:华南师范大学,2013. [\[DOI\]](#)
- [13] 陈定如,黄健锋,林正眉. 华南师范大学校园绿化与景观植物. 广州:岭南美术出版社,2013: 178-204. [\[DOI\]](#)
- [14] 卢洪武,黎杰强,邓优美. 小鼠骨髓细胞染色体 G 带制片技术的探讨. 实验室研究与探索,2014,33(1): 46-51. [\[DOI\]](#)
- [15] 黎杰强,吴爱梅,吴伟光. 超甜玉米新品种甜丰 6 号的选育. 广东农业科学,2012,48(18): 40-42. [\[DOI\]](#)
- [16] 黎杰强,黄海琳,李丹霞,周月琼. 3 种常用农药对蚕豆根尖细胞的遗传毒性. 华南师范大学学报(自然科学版),2008,56(1): 112-117. [\[DOI\]](#)
- [17] 李彩虹,黎杰强,万清玲,梁念慈,伍育源. 广州市 7 条河涌水质的蚕豆根尖细胞微核监测. 华南师范大学学报(自然科学版),2006,54(2): 106-111. [\[DOI\]](#)
- [18] 聂志刚,王艳,李韶山. 重金属诱导拟南芥原生质体 DNA 损伤的单细胞凝胶电泳检测. 植物学报,2009,44(1): 117-123. [\[DOI\]](#)
- [19] 张峰源,张松,曾剑锋,罗炜杰. 云芝、灵芝和柱状田头菇胞外多糖对果蝇寿命的影响. 生命科学研究,2007,11(2): 130-133. [\[DOI\]](#)
- [20] 黎杰强,彭艺,徐翔飞,邓翀,刘晖,张顺佳,范红超. 酯酶同工酶电泳鉴定天优 122、培杂双七种子纯度研究. 广东农业科学,2005,41(5): 22-24. [\[DOI\]](#)
- [21] 何风华,黎杰强,朱碧岩,高峰. 遗传学实验课中对学生学业评价的改革与实践. 见:张飞雄,李绍武主编. 高等院校遗传学教学改革探索. 北京:化学工业出版社,2010: 252-255. [\[DOI\]](#)
- [22] 陈孔亮,马广智,郑启明,叶庆生,李玲,李娘辉,张德明. 全天候实验室开放技术平台的构建. 实验技术与管理,2004,21(4): 36-39. [\[DOI\]](#)
- [23] 陈孔亮,马广智,郑启明,张德明,李娘辉. 实验室安全实时管理系统的构建. 实验技术与管理,2008,25(2): 95-97. [\[DOI\]](#)
- [24] 李文辉. 科研促进大学生科技创新的 SWOT 分析及其策略思考——以华南师范大学为例. 实验技术与管理,2012,29(8): 26-28. [\[DOI\]](#)
- [25] Zhou XW, Lin J, Yin YZ, Sun XF, Tang KX. Participation in research program: a novel course in undergraduate education of life science. *Biochem Mol Biol Edu*, 2007, 35(5): 322-327. [\[DOI\]](#)

(责任编辑:张飞雄)