

DOI: 10.3724/SP.J.1005.2011.01409

改进实验设施 and 开放水平, 提升遗传学实验教学质量

肖建富, 吴建国, 石春海

浙江大学农业与生物技术学院农学系, 杭州 310029

摘要: 先进的实验设施及开放水平是提升遗传学实验教学质量的重要保证。文章介绍了数码显微互动教学系统、细胞流式仪、近红外测定仪等一些先进仪器设备在遗传学实验教学中发挥的积极作用, 列举了开放实验对培养学生创新意识和创新能力的重要意义, 并提出了进一步做好遗传学教学实验室建设的一些设想。

关键词: 遗传学实验; 教学设施; 开放性实验; 创新意识; 创新能力

Improving experimental teaching facilities and opening up of laboratories in order to raise experimental teaching quality of genetics

XIAO Jian-Fu, WU Jian-Guo, SHI Chun-Hai

Agronomy Department, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China

Abstract: Advanced teaching facilities and the policy of opening laboratories to students play an important role in raising the quality in the experimental teaching of Genetics. This article introduces the superiority of some advanced instruments and equipments (such as digital microscope mutual laboratory system, flow cytometry, and NIRSystems) in the experimental teaching of genetics, and illustrates with examples the significance of exposing students to experiments in developing their creative consciousness and creative ability. This article also offers some new concepts on the further improvement upon teaching in the laboratory.

Keywords: experiment in Genetics; teaching facilities; opening experiment; creative consciousness; creative ability

遗传学实验教学质量提高有赖于实验教学内容、教学方法和教学手段的改革, 其成效与实验设施水平和实验室开放水平有着密切的关系^[1,2]。这是因为遗传学是一门发展迅猛的生物学分支科学, 新技术、新方法层出不穷, 学生创新能力和创新意识的培养需要有先进的仪器设备来支撑, 也需要实

验室有较强的开放性, 让学生能够更多地从事自主实验。

长期以来我校大农类遗传学教学实验室坚持追求卓越的教学理念^[3], 在学校“211”和“985”规划的大力支持下, 不仅建立了国内先进的数码互动教室, 购置了一批先进的分析仪器, 还专门创建了学

收稿日期: 2011-03-04; 修回日期: 2011-05-07

基金项目: 国家、浙江省和浙江大学精品课程建设项目和浙江大学教改项目资助

作者简介: 肖建富, 博士, 副教授, 研究方向: 实验室管理和遗传育种实验教学。Tel: 0571-88982993; E-mail: jfxiao@zju.edu.cn

通讯作者: 石春海, 博士, 教授, 研究方向: 作物遗传育种。E-mail: chshshi@zju.edu.cn

网络出版时间: 2011-7-18 8:55:14

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1913.R.20110718.0855.009.html>

生开放创新实验室, 并与有关研究平台协商制定了本科生使用科研仪器设备的

优先政策。教学实践表明, 遗传学教学实验室设施条件的改善和开放功能的完善, 对于提高遗传学实验教学质量有着明显的促进作用。

1 配置数码显微互动教学系统, 促进学生对遗传学基础知识的理解和掌握

遗传学是研究生物遗传和变异的科学, 而生物的遗传和变异主要是通过细胞的有丝分裂和减数分裂来实现, 其本质是细胞分裂期间细胞核内染色体有规律的复制、分离(有丝分裂)或复制、配对、交换和分离(减数分裂)。这就决定了观察细胞分裂期间染色体的动态变化是本科学习阶段遗传学实验所必不可少的内容。其中尤以细胞减数分裂时的染色体动态变化观察更为重要, 因为此时的染色体变化形式丰富, 与遗传学的关系极为密切。但是在过去的实验只有单体显微镜, 要让全班同学学会区分体细胞和性细胞, 识别染色体处于细线期、偶线期、粗线期、双线期、终变期及第一次中期、后期、末期和第二次中期、后期、末期的性细胞有很大难度, 即使使用多台连体显微镜或讲台电脑显微投影也只能解决个别的问题, 不能在课堂有限时间内对学生进行全面快速的指导。数码显微互动教学系统建立后, 这种现状就发生了很大的改变, 其主要优点是能够通过先进的数码、网络技术, 提供清晰的多画面实时显示和丰富的交互手段^[4,5], 在遗传学实验教学中优势明显。

1.1 直观性好, 教师指导方便快捷

数码显微互动教学系统的每个学生端都配置有 200 万有效像素的高分辨率内置一体化数码显微镜, 并自带电脑, 成为独立的图像处理平台, 480M/S 的传输速率可实现显微镜中显微放大图象在电脑显示屏上的实时传输, 这样一些在普通显微镜观察中“说不清、道不明”的问题就可以很直观地显现在电脑屏幕上, 教师在较短的时间里就可以有针对性地为学

生解答疑问。如学生在观察植物细胞的减数分裂时总是容易混淆体细胞和花粉母细胞, 较难区分单价体、二价体和多价体, 有了互动系统后在教师指导下这类问题就能迎刃而解; 又如在做果蝇的三点测

1.2 共性问题集体示教, 教师指导效率提高

教师端计算机可以实时浏览和监控实验室内所有显微镜中的图像, 这样就打破了时空的限制, 使每个学生可以看到教师和其他同学的实验过程, 实现图像资源的共享, 有利于师生间、同学间取长补短、相互学习。例如, 全班学生同时进行实验, 总会有学生发现减数分裂各个时期的染色体构型, 教师把这些构型汇集起来发送到其他同学的电脑上并按各个时期的顺序串联起来进行讲解, 可信度高, 具有很强的说服力, 学生对减数分裂的过程就会产生更为深刻的理解。学生也可以通过自己显微镜本身的光标指针对有疑问或不清楚的组织结构进行定位, 要求教师有的放矢进行解惑答疑。另外, 教师可以对普遍性问题通过大屏幕集体示教, 避免同一问题重复解答, 节约课堂时间, 从而有效提高实验教学的指导效率。

1.3 图片保存方便, 便于复习和实验管理

每一个学生端电脑都配有图像处理分析软件包 plus 2.0, 具备捕捉和测量功能, 还能进行自动计数及统计导出。学生可以通过拍照, 捕捉独特的现象和实验结果, 储存典型的显微图像, 便于课后进一步分析或与老师共同研讨, 有利于激发学生的学习主动性, 提高学生分析问题的能力。以前教师需要花费大量时间去检查学生提交的永久制片, 判断制片中的细胞相是否符合实验要求; 现在只要检查学生电脑中提交的细胞图片就一目了然, 可以减少大量的实验批改时间, 教学效率明显提高。

1.4 与数字切片结合使用, 拓展学生视野

数字切片也称虚拟切片, 它是通过计算机控制自动显微镜移动, 对传统切片或压片进行全自动聚焦扫描, 逐幅自动采集数字化的显微图像并进行无缝隙自动拼图, 拼接成一幅动态切片或压片的数字图像储存在电脑的图像浏览软件中^[6]。因此, 学生在进行遗传学实验时可以利用互动系统在电脑上自由观察切片, 并且在有限的学习时间和视野范围内看到更多的典型结构, 区别易混淆的概念, 拓展自己

的学习视野,充分满足个性化学习方式的需求,使学习效率得以提高。

数字切片的使用也方便了教师的实验讲解。如在进行“染色体结构变异和数量变异”实验时,我们采用了大量小麦远缘杂种的减数分裂永久制片,并用数字切片技术把不同世代、不同细胞分裂时期的典型细胞相拼接在一起,形成了一条完整的染色体数量变异链,可以非常清楚地显现出如何通过偏凸山羊草(DDMM)和硬粒小麦(AABB)两个四倍体种杂交及对变异后代的选择,最终在 F_8 获得一个六倍体种的完整过程^[2],使学生能够很好的掌握细胞遗传学方面的知识。这个实验中本来杂种 F_1 是一个双单倍体(ABDM),按普通遗传学的观点它是不能产生种子的;但由于特殊的“未减数”分裂机制的存在,使得 F_1 植株有一定数量的配子能够获得基本齐全的4个染色体组(ABDM)而具有正常生活力,并使杂种 F_1 可以产生少量的正常种子。数字切片库中罗列了杂种 F_1 减数分裂四分体期的大量图片,有几张图片可以清楚地显示出四分体的4个子细胞中有2个拥有28条或27条染色体而另外2个只具有0条或1条染色体。这一结果可使学生对“未减数”分裂机制产生更加直观而深刻的认识。

2 配置高端仪器设备,让学生领略新技术的优势,促进学生创新意识的培养

目前国内一流科研院校部分学科的研究条件和研究水平已接近或达到世界水平,这就要求我们高校培养的学生具有更加深厚的专业知识基础、更加扎实的专业技能和更好的创新能力。而要达到这一要求,与学生在本科实验室里的训练是分不开的,如果学生在本科阶段能够基本掌握各类先进仪器设备的操作原理和使用方法,将有利于开阔学生的科研视野,缩短工作后进入科研角色的时间。近年来我们依托学科优势,建立了科研与教学的共建平台,充分利用科研实验室的先进仪器设备为本科教学服务,使许多遗传学实验项目发生了较大的改变,让学生体验到了高科技的魅力,在潜移默化中增进了学生创新意识的培养。以下是利用先进设备改进遗传学实验教学的两个具体实例。

2.1 “西瓜染色体加倍”实验

这是一个为本科生开设的遗传学综合性大实验,

以3~5人为一个实验小组,每个小组可用秋水仙素直接诱导法或用秋水仙素组织培养诱导法将二倍体西瓜加倍成四倍体。该实验一般需要等到西瓜开花后进行难度较大的雄花减数分裂观察、到西瓜成熟后取种子做根尖压片观察,才能确定实验处理苗是否加倍成功,往往会由于处理的群体太小而使实验结果很不理想。而在多倍体鉴定技术的基础上,结合采用细胞流线仪进行染色体倍性鉴定,可使这一综合实验的教学质量得到明显提高。

细胞流线仪的鉴定原理与遗传学的常规鉴定有着本质的区别。它只要用西瓜幼苗的叶片就可以鉴定出西瓜幼苗的染色体倍数。实验时用锋利的刀片切割西瓜叶片使其释放出完整的细胞核(细胞核提取液),经DNA特异性的荧光染料碘化丙啶(Propidium iodide, PI)染色后让其单个流过毛细管,在488 nm激光的照射下发出620 nm的橙色荧光;荧光强度与结合在DNA上的PI的量成正比,根据每一个粒子的荧光强度,就可以快速地测定每个细胞核的DNA含量。通过统计分析(做直方图)确定荧光强度最集中的一组(峰值)为DNA的相对含量,再与二倍体峰值比较,就可确定所用材料是否已经加倍。采用这一方法,在西瓜三叶期就可鉴定处理苗是否加倍成功,使得每个实验小组的处理群体可以扩大很多,也就提高了实验的成功率。由于该方法技术含量高、操作简便,一组材料鉴定只要半小时就可完成,学生实验兴趣增大,可以在较大程度上提升学生的创新意识及大型仪器的操作能力。

2.2 “油菜籽品质遗传率测定”实验

油菜籽中的硫代葡萄糖苷(硫苷)能被菜饼中残留的芥子酶、水解酶分解产生对哺乳动物有毒的恶唑烷酮和异硫氰酸盐等物质,严重影响其饲用价值。育种上要求培育硫苷低于45 $\mu\text{mol/g}$ 的品种。过去在做遗传率实验时一般用氯化钼法快速测定油菜籽中硫苷含量,方法是将油菜籽粉碎后加入少量沸水,在接近沸腾的水浴中获得提取物,提取物在酸性条件下与氯化钼生成有颜色复合体,依硫苷多少分别显出黑、褐、橘黄、黄等四种颜色,颜色越深,硫苷含量越高。这种定性鉴定方法通常不够精确。近年来我们用近红外品质分析仪进行这一实验,使实验结果得到了很大的改善。近红外测定仪的测定方

法是通过光源发射出近红外光光谱,照射在待测样品上,光量子与样品中的各成分分子功能团互动,产生漫反射光学信号,并被近红外光检测器捕捉;利用多元统计等化学计量学方法,明确近红外信号与样品成分含量间线性或非线性的关系。由此可以快速、简便地分析出油菜等作物样品中的各种品质性状的含量。这种方法简便快速,结果准确,又不破坏样品,在测定农产品品质方面具有很大的优势。实验中同时采用新、旧两种方法进行实验,可使学生体会到新仪器、新技术的魅力。

3 建立开放实验室,开设“三自”实验,促进学生创新能力的培养

培养学生的创新意识和创新能力已经成为我国实验教学的主要目标之一,而开放式实验教学是实现这一目标的重要举措^[1]。开放式实验教学可使学生丰富的想象和创新思想得到实践的机会,也有利于学生主动性和创造性的更好发挥。遗传学最贴近人们的生活,学生在日常生活中很容易积累一些遗传学“问题”并希望在实验室里找到解决的方法,遗传学实验教学应该首当其冲地承担起让学生进实验室进行这些实验尝试的重任,并成为培养学生创新意识和创新能力的一条重要途径。因此,我们在遗传学课程实验中采取“两条腿走路”的方针,一方面做好基础实验的改革工作,使每一个基础实验演变成一个个小型的综合性或设计性实验^[8];另一方面开辟了近 200m²独立的学生创新实验室,配备了近 200 万元的遗传学仪器设备,并结合“211”和“985”仪器平台,开设完全由学生自主设计、自主完成、自主管理的“三自”实验。在实际操作中,有教师指导小组负责对学生的立题进行筛选和修改,并对学生设计的整个实验方案进行把关。以下 2 个例子可以反映出这些自主选题的特点,既普通又不直接了当,既有一定技术含量又可以在一般实验室中完成;且实验过程短、耗资少,对提高学生的遗传学素养、培养学生的创新意识和能力可以产生较大的帮助。

3.1 自主选题:PCR 反应鉴定人类性别

在刑事侦破中经常采用 DNA 比对的方法来做鉴定,是否也可以用分子技术来简单地区分人的性

别呢?这是学生提出的问题。学生查阅资料后发现在人类 Y 染色体上有一个区别于其它染色体的 *DYZ-1* 基因,位于 Y 染色体长臂的 III 号卫星域内,具有 3~4 kb 的重复序列,拷贝数约 500,其特异序列的 PCR 扩增可用于性别鉴定。实验中取男女生的头发作样品,通过筛选最适合的 DNA 提取条件及 PCR 反应体系,经过很多次试验后,学生们终于在男性头发的扩增液中检测到了 *DYZ-1* 基因。学生们还用普通细胞学的方法来进行验证:正常女性的两条性染色体 XX 在细胞间期核内有一条 X 是失活的,呈浓缩状态,一般位于核膜内侧边缘,呈三角形;而正常男性的一条 X 染色体不发生失活,细胞核核膜内侧就没有这种染色质。他们分别取男女生的口腔上皮细胞进行涂片,然后筛选合适的染色液进行染色。在显微镜下同学们果然发现只在女性上皮细胞中有浓缩的 X 染色体。

3.2 自主选题:秋水仙素处理方式的比较研究

在做西瓜染色体加倍实验时全班的加倍成功率仅在 1%左右,有时竟检验不到加倍植株。问题出在什么地方呢?有同学认为是秋水仙素的处理方式不好:白天滴加的次数不多,晚间又不能滴加,导致西瓜的生长点实际上并不是一直处于秋水仙素溶液的影响之下。有什么办法解决这个问题呢?几位同学在课后开始了认真的思考,他们想到能否用“挂盐水”的方法给西瓜滴加秋水仙素溶液的问题,他们就利用 20 套吊针给 20 株西瓜苗打上了滴得很慢的“点滴”。处理的方式和结果让他们感到满意,放在西瓜生长点的棉花能够全天保持湿润,而且处理后的 20 株西瓜苗株型都发生了明显的改变。最终他们检测到有 1 株染色体发生了完全加倍,加倍成功率达到 5%,比原先提高了 5 倍。

4 强化教学理念,进一步加强遗传学实验室建设

实验教学是高等学校人才培养体系的重要组成部分,在引导学生理论联系实际,培养学生的创新精神和实践能力方面有着不可替代的作用。建设好教学实验室,将有力地推进实验教学内容、教学体系、教学方法和教学手段的改革,全面提高学生的培养质量^[9]。而高端仪器设备的多少是衡量教学实

验室先进性的主要标志之一。缺少了先进的仪器设备,大量新的现代技术和方法就不能进教学实验室,教师的科研就无法进入课堂,学生的创新能力培养就要受到限制。目前我校遗传学教学实验室经过数年的发展,添置了大批新的先进的仪器设备,并与一些大型仪器平台达成了共用关系,已经成为国家级实验教学示范中心的窗口。但我们觉得它离“卓越”教育理念的要求还有较大距离,具体表现在以下几个方面:

首先,“卓越”教育的理念还有待学习和提高,本科实验室设备条件不如科研实验室的观念仍然存在。目前遗传学教学实验室与遗传育种科研实验室相比在仪器配备上还存在较大的差距。虽然从名义上说大学拥有的科研仪器首先要用于本科生的实验教学,但随着科研型大学中研究生数量的增多,本科生使用科研仪器的机会越来越少,本科教学实验室只有加强自身的建设才有利于实验教学的发展。

其次,遗传学教学实验室还缺少一些高端的仪器设备,导致一些先进的创新性实验项目仍不能开设,对高素质人才的培养产生了较大的制约作用。曾经有一群学生在媒体上看到澳大利亚科学家用扫描隧道显微镜拍摄出反映花粉、配子细胞等器官表面结构的精妙绝伦的图片后,就想到实验室来做类似的实验,但遗传学教学实验室里还没有这样的仪器可以满足学生的要求。

再次,开放实验的经费来源和规模还需拓展。目前与一个科研项目的投入相比,本科生开放实验项目的投入仍太少,通常只有几百元至几千元,这就限制了很多有一定深度的项目的开展。虽然我们不鼓励本科生在实验室做高深的研究,但目前研究

性大学中本科生的学习基础都很好,许多同学设想都需要有一些复杂的技术方法和仪器设备来支撑,凭现有的经费水平还难以满足进行大量开放实验的要求。

因此,我们还要提高认识,加倍努力,乘着国家级示范中心建设和国家级精品课程建设的有利时机,争取在“十二五”期间有更大的投入,把遗传学教学实验室建设成国内领先、国际一流的教学实验室,为培养卓越的农业人才做出应有的贡献。

参考文献(References):

- [1] 张波, 贯会明. 开放性实验在实验教学体系构建中的作用. 实验室研究与探索, 2010, 29(9): 135-137. DOI
- [2] 黄小斌. 拓展高校实验室建设内涵, 培育创新人才. 实验技术与管理, 2010, 27(8): 31-33. DOI
- [3] 杨卫. 坚持卓越教育理念培养拔尖创新人才. 中国高等教育, 2007, (21): 14-16. DOI
- [4] 龚竞, 侯勇, 敬成俊, 张高军, 朱勇. Motic显微数码互动实验室在遗传学实验教学中的应用. 蚕学通讯, 2008, 28(3): 44-46. DOI
- [5] 程云, 岳淑芬, 刘雨荷, 宋芳, 杨美霞. Motic数码互动显微实验室在组织学实验教学中的应用. 解剖学研究, 2010, 32(2): 152-153. DOI
- [6] 崔瑾, 王庆亚, 林国庆. 数字切片在植物学实验教学中的应用. 实验室研究与探索, 2010, 29(8): 113-115. DOI
- [7] 肖建富, 丁守仁. 偏凸山羊草与硬粒小麦双二倍体杂种的形成及其遗传稳定性. 浙江农业大学学报, 1998, 24(2): 179-184. DOI
- [8] 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): 763-768. DOI
- [9] 张羽. 生物教育专业《遗传学》教学改革探索. 遗传, 2008, 30(2): 246-250. DOI