

农业生物学虚拟仿真实验教学资源建设

张炜^(✉), 崔瑾, 成丹

南京农业大学生命科学学院, 南京, 210095

摘要: 从虚拟仿真实验教学资源整合与构建的角度, 论述了南京农业大学农业生物学国家级虚拟仿真实验教学中心在植物学、动物学、动植物野外实习和现代生物技术等领域实验教学信息化建设过程中取得的初步成果, 分析了虚拟仿真实验教学平台在生物学实验教学中发挥的独特优势, 也提出了教学资源信息化建设和管理中存在的一些亟待解决的问题。

关键词: 实验教学中心, 虚拟仿真, 教学资源

The Construction of Agricultural Biology Virtual Simulation Experiments Teaching Resources

ZHANG Wei^(✉), CUI Jin, CHENG Dan

College of Life Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》对高等教育信息化建设提出了明确的要求。信息技术与教学深度融合的教学模式及方法的应用, 以及信息化条件下学生自主学习、自主管理和自主服务能力的培养是创新人才培养的重要方面。各类信息化技术中, 虚拟仿真实验教学综合应用虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库以及网络通信等技术, 通过构建逼真的实验操作环境和实验对象, 使学生在开放、自主、交互的虚拟环境中开展高效、安全且经济的实验, 进而达到真实实验难以实现的教学效果, 并对传统的实验教学思想、体系和模式产生了颠覆性的影响。南京农业大学农业生物学国家级虚拟仿真实验教学中心开展了一系列建设工作, 旨在通过实验教学的

信息化, 实现学生有效的自主学习, 进而提升人才培养质量的目的。

1 农业生物学虚拟仿真实验中心简介

生物学各类实验课程是农业与生命科学相关专业学生的重要基础课程, 是学生接受生物学系统实验方法和实验技能训练的开端。该类课程中所涉及的实验知识、技能和方法为后续专业教育奠定了基础, 也是学生以后从事各项科学研究和生产实践的基础。南京农业大学高度重视生物学实验教学中心的建设, 2004年学校整合微生物学、植物学、生物化学与分子生物学江苏省“双基合格实验室”, 组建了生物学实验教学中心, 并于2005年获批成为江苏省省级实验教学示范中心。该中心拥有6大实验教学技术平台、13个多媒体功能实验室, 还建有国家理科基地创新实验室、生物标本馆、植物分类园、大学生科研训练公共实验室以及多个校内外教学实习基地。

收稿日期: 2014-11-30; 修回日期: 2015-02-15

基金项目: 江苏省高等学校重点专业建设项目

通讯作者: 张炜, E-mail: wzhang@njau.edu.cn

中心重视实验教学的信息化建设，早在2000年《植物学》实验课中已开始引入虚拟仿真教学理念，采用动画的形式制作了植物形成层的变化、植物细胞的有丝分裂、植物的双受精等虚拟仿真实验教学多媒体课件，并成功应用于教学。2003年《植物学》获得首批国家级精品课程，2009年成为高等教育出版社出版的该社首门数字课程，国家首批立体化数字教材和国家级精品资源共享课。“植物学网络教学的试验与示范”获国家教学成果二等奖，《生物学虚拟实验系统》课件获得2013年江苏省高等学校一类优秀多媒体课件。此外，《微生物学》《动物学》也先后开发了动物和微生物的数字图片系统和数字标本馆。

2013年，南京农业大学农业生物学虚拟仿真实验教学中心成为首批国家级虚拟仿真实验教学中心，为生物学实验教学示范中心的建设注入了新的动力。虚拟仿真中心自成立以来，学校加大投入，大幅度改善了中心的信息化条件。目前，实验教学网络资源和信息平台——农业生物学虚拟仿真实验教学数字大厅已投入试运行，主要包含虚拟仿真管理平台和虚拟实验的生成及管理平台两部分。虚拟仿真管理平台由以下模块组成：师生互动模块、自主选课模块、仪器管理模块、药品管理模块、经费管理模块、绩效评价模块、信息发布模块和考勤模块等，对实验教学中心教学资源进行网络化的常态管理。通过该网站可进行植物学、动物学、微生物学、生物化学与分子生物学等虚拟仿真实验进行有效管理，同时还可及时查询实验室、实验课程、实验项目等实验教学的各类相关信息及仪器设备的动态使用情况。对于每门实验课程，设有实验教学课件专栏、教学视频专栏等，学生可不受时间、地点的限制，根据自己的实际情况和兴趣进行选择。

虚拟实验的生成及管理平台包括四个模块：数字实验课程归集、虚拟三维教学环境、实验操作和作业提交、实验考核和全程记录：

(1) 数字实验课程归集，数字大厅汇集了植物学、动物学、微生物学、生物化学与分子生物学、现代生物学实验技术和动植物野外实习6个虚拟仿真实验教学平台。各平台既相互独立、自成一体，又能贯穿农业生物学实验技术的整个过程，可根据我校农业与生命科学类各专业的不同要求进行灵活组合。

(2) 虚拟三维教学环境，包括基础知识和背景介绍、虚拟仪器设备构建和运行、实验拓扑结构搭建等内容。

(3) 实验操作和作业提交是指在完成基础知识和实验背景的前提下，在虚拟的仪器设备和搭建的实验拓扑等环境下，由学生自己独立完成实验并提交作业。

(4) 实验考核和全程记录是指通过师生互动完成虚拟实验课程的考核评价，并对学生的在线信息进行全程记录。

数字实验课程，即虚拟仿真实验教学资源的建设是整个中心建设的核心和灵魂，我们整合已有的教学资源，在独立制作和引进后二次开发的基础上，初步构建了全方位的农业生物学虚拟仿真实验教学资源。

2 虚拟仿真实验教学资源的整合与构建

农业生物学虚拟仿真实验教学中心秉持农科教结合，虚实互补，绿色共享的建设理念，坚持科学规划、资源共享、突出重点、提高效益、持续发展的指导思想，以学生为本，以现代生物学技术发展为导向，以优质资源开放共享为核心，以信息化教学资源建设为重点，突出农业生物学的特色，注重实验的高度虚拟仿真，目的是提高学生的专业实践操作和自主学习能力。

2.1 植物学虚拟仿真实验平台

多年的教学实践使我们认识到，植物学实验教学过程存在三个问题：①植物的形态结构和分类是植物学的主要内容，学生在实验中要观察大量的切片，每张切片的信息量很大，但有些切片很难获得好的效果，如植物茎的次生生长、植物胚囊的发育、植物胚的发育等，很难通过切片观察到整个结构变化过程，不能满足植物学实验课学生的要求。②植物物种资源有着不同的地理分布和生境特征，而传统教学模式下的野外植物实习只能让学生接触到本地地区的有限资源。③在植物分科识别过程中，植物繁殖器官（花果种子）的特征具有重要鉴别价值，但因为植物花果期较短，有时无法在实习或平时观察中看到。

为了弥补上述传统教学模式的不足，我们引入了植物学虚拟仿真实验平台。平台首次将虚拟仿真实验应用于植物结构观察和植物识别鉴定教学。根据教学的需要，自主独立开发了校园植物电子地图、农田杂草识别系统和互动仿真实验，以及主要植物的三维建模，完成了植物形态结构的虚拟显微镜观察系统建设。使学生在虚拟环境中感受植物学实验的真实体验，学

习植物学的基本技能。

2.1.1 植物学数字课程模块

在植物学虚拟仿真实验建设团队负责人强胜教授带领下，中心建成了国内首门正式应用的数字课程——植物学网络课程，并在校园网上运行。2009年4月由高等教育出版社出版，是该社出版的首门数字课程（出版号DOI：生课程 10.2783/m05180-009-0001-2）。网络课件通过文字说明（30多万字）、教师讲解、原色图片资料（6200余幅）、视频（95个）、动画（35个）等多样表现形式相结合进行内容展示。附件包括800余种重要植物、700多道的试题库和150多道思考题、500多条名词库、342个植物网址网页和80多篇参考资料库、植物学实验演示系统等。

2.1.2 数字切片模块

利用全自动显微镜扫描平台，结合控制与扫描软件，把传统玻璃切片进行扫描、无缝拼接，生成一张全视野的数字化切片。可以观察植物细胞、组织器官、植物类群的结构。通过虚拟显微镜观察数字切片，在计算机上，如同在显微镜下，可进行不同倍率观察，并在一定范围内，实现任意倍率变化而连续浏览切片，而且通过计算机与网络系统，进行数字切片存储、管理、观察、分析、讨论等，相对传统方式，可不受空间与时间限制，使用起来更方便、功能更强大、应用更广泛。为老师教学管理、学生学习、考试等，带来革命性创新，彻底改变了传统教学模式，形成数字切片版的数码互动教学，真正实现了纯数字化、网络化的显微实验教学。

2.1.3 植物识别模块

该模块主要通过校园植物电子地图、虚拟3D系统、杂草鉴定系统等完成。植物电子地图是在传统的电子地图的基础上，结合了植物图片库的功能。学生可以通过对地图的浏览，知道本区域的植物种类，并进而通过植物图片数字库，了解植物的具体特征。本植物电子地图，收集了学校常见植物200多种，对于植物分类学的学习，是很好的辅助手段。学生可利用校园网或Internet进行学习，了解校园的常见植物。虚拟3D系统是通过网络X3D技术对植物的形态结构进行3D仿真，可以真实的再现植物的三维外观形态特征。通过3D浏览器可以全视角的对植物模型进行观察，使学生能够立体的观察植物的形态，便于植物分类内容的学习，为学好植物分类打下坚实基础。杂草鉴定系统是对于要求查询的农田杂草等农业植物2000

多种，全方位立体呈现植株形态、花部解剖、局部特征等内容，将文字描述直观化、形象化，完成理论知识向实践的过渡。

2.1.4 交互式实验模块

交互式虚拟仿真实验是基于FLASH平台制作的，主要应用于实验步骤的可视化演示，并对关键步骤进行交互式操作。学生通过此系统，可以了解实验原理和操作流程，是实验预习和技能训练的极好手段，同时也能够掌握植物发育的全过程。包含了如下实验项目：临时玻片的制作、数码互动实验室的使用、植物茎的次生生长、植物胚囊的发育过程、植物胚的发育过程。从而完成实体实验中无法完成的项目。

2.1.5 模拟测试

文字题目测试模式下，教师可以通过增、删、改、查、自行编组试题，并自动选择组合各种类型的试卷，帮助学生加强对基本概念及理论知识的掌握。仿真题目测试模式下，学生在虚拟环境中完成任务指令，包括植物寻找、种类鉴定、科属鉴定、特征描述、部位识别等环节。对于鉴别的测试，可以让学生从相似的图片中找出与目标植物相匹配的图片，反复操练，达到熟练掌握鉴别特征的目的。

2.2 动物学虚拟仿真实验平台

动物的形态结构、生理机能和个体发育，以及动物的分类是动物学的主要内容，学生在实验中要进行大量动物的解剖，每种动物的个体差异较大，而且动物的有些形态结构通过解剖观察很难获得较好的效果，如内分泌腺体、脊神经节等，不易切到完整的结构；也很难观察到动物某一形态建成的动态过程，如脊椎动物牙齿的更新等；同时某些实验动物存在安全疾病的隐患，如犬类存在狂犬病菌。动物的种资源有着不同的地理分布和生境特征，而传统教学模式下的野外动物实习只能让学生接触到本地区的有限资源，而大量的稀有动物资源学生接触不到，更不用提及一些带有危险性的动物，如蛇、虎豹等。在动物学分类识别过程中，低等动物的幼虫或者成虫的特征具有重要鉴别价值，但因为很难同一时期观察到两种形态的动物，有时无法在实习或平时观察中看到幼虫，而进行识别要点的观察。为了弥补上述传统教学模式的不足，我们引入了动物学虚拟仿真实验平台。该平台首次将虚拟仿真实验应用于动物形态结构观察和黄山野生动物实习教学，在虚拟环境中感受动物学实验的真实体验，

达到系统学习动物学基本技能的目的。

2.2.1 数字切片模块

采取与植物组织切片类似的技术生成数字化图片，用以观察动物细胞、组织器官的结构。同时建设了动物解剖交互式虚拟仿真实验平台（3D），它是在系统的物理模型上进行实验的技术，可以描述系统的内部特性，利用断层图片数据集开发，包括断层图及多个解剖学结构。是基于 FLASH 平台制作的，主要应用于实验步骤的可视化操作，并对关键步骤进行交互式操作。通过此系统，学生可以直观系统全面观察动物的解剖结构特征及某些关键特征的动态变化过程。

2.2.2 野生动物识别鉴定模块

进入该模块的动物图片系统，显示动物的名称和动物彩色图片，展示被毛、肤色和典型特征等各部分的形态特征，目的是构建该动物的整体印象。动物的局部特征也是区分相似类群的重要依据。文字描述的内容包括动物的中文名及拉丁学名、所属科属、分布、生境、功能等，目的是将动物概括及其识别特征等在图像与文字描述之间建立关联。进入该模块虚拟 3D 系统，可以全视角立体观察，如蜻蜓、虎凤蝶、飞蝗、黑鱼、天堂鱼等，可以从形态上系统掌握各类动物的特征。

2.2.3 模拟测试

文字题目测试模式下，教师可以通过增、删、改、查、自行编组试题，并自动选择组合各种类型的试卷，帮助学生加强对基本概念及理论知识的掌握。学生在虚拟环境中成任务指令，包括动物种类鉴定、科属鉴定、特征描述、部位识别等环节，达到熟练掌握鉴别特征的目的。

2.3 野外实习虚拟仿真平台

动植物野外实习是生物学教学中的重要内容，对于学生巩固动植物基础知识、在现实环境中发现问题、认识大自然，激发学习兴趣具有重要意义。传统的动植物野外实习存在两个主要问题。①对自然环境的人为影响甚至破坏；②教学手段受限，造成教师工作量大。我们开发野外实习虚拟仿真资源目的是作为野外实习的辅助手段，减少对环境的干扰，并在实习现场完成对实习对象的快速定位和数据库检索。给予以上理念，我们创建了高度仿真、可 360°全景观察的虚拟三维实习场景。在此基础上开发了 PC 版和手机版两个操作版本。PC 版是利用台式机显卡的功能，在虚拟的

实习场景中展示动植物形态，而手机版则是利用智能机 GPS 定位功能，快速定位和查找实习地点的指定植物。PC 版的核心功能包括三维野外实习场景的虚拟化、动植物形态的虚拟仿真及信息查询数据库的构建、野外实习报告在线提交和师生互动。相比较而言，手机版具有更加强大的功能。通过手机在线进入虚拟仿真系统，可以方便地实现以下功能：明确实习要求，增强学生对野外实习目的的了解；实习前快速学习，增加学生对动植物的了解，提高实习效果；GPS 对实习对象地理信息定位，提高野外实习的效率；随时记录问题并完成实习作业等。上述功能突出体现出两大优势：易于操作，贴近野外实习现实；具备强大的互动性能和共享功能。

2.4 现代生物学实验技术虚拟仿真实验平台

对于以实验为基础的生命科学研究，相关仪器设备的作用至关重要。大型仪器设备是高等学校的优质资源，是开展前沿生命科学研究的重要工具。近年来，中心购置了高分辨傅立叶变换轨道阱液质联用仪、三重四级杆气质联用仪、透射电子显微镜、扫描电子显微镜、流式细胞仪、双向电泳设备、电感耦合等离子体发射光谱仪、膜片钳、等温滴定量热仪、超速离心机等 40 多台（套）大型精密仪器，这些科研仪器的使用与掌握在培养创新型人才的过程中意义重大。所以自 2011 年起中心开设“科研基础训练”等课程，重点让学生了解这些大型仪器的功能及应用领域，由于大型仪器设备昂贵，耗材、配件特殊，操作步骤复杂，该课程主要以演示教学、软件操作的虚拟教学和多人一组的现场实践教学相结合。

中心基于 FLASH 平台制作了生物学常用的仪器技术的虚拟实验，主要应用于实验原理以及实验步骤的可视化演示，并对关键步骤进行操作。学生通过此系统，可以了解实验原理和操作流程，是实验预习和技能训练的极好手段。

2.5.1 液相色谱法测定植物激素

植物激素（GA、IAA 和 ABA）在植物生理学实验里是酶联免疫的方法测定的，通过液相色谱法虚拟仿真实验测定植物激素，一是可以与酶联免疫法相互印证，二是让学生掌握如何建立一个液相色谱的分析方法。一个完整的液相色谱条件包括使用的色谱仪仪器型号，色谱柱型号、流速、检测器、使用的溶剂以及配比等。其中使用的溶剂以及配比是经常被改动的色

谱条件。在实验中需要输入不同的溶剂及配比，根据分离结果选择最佳色谱条件来达到同时分离三种植物激素的目的。

2.5.2 气相色谱法分离农药

柱温是气相色谱的一个重要参数，柱温高，可以改善气、液相的传质阻力，提高柱效；但使分子扩散增加，柱效下降。降低柱温，提高选择性但常常使峰形变宽，柱效下降。选用的柱温不能高于色谱柱中固定液的最高使用温度（通常低 20~50℃）。对于沸程宽的多组分混合物可采用“程序升温法”。实验主要通过等温程序和程序升温两种升温模式的对比，让学生选择不同的恒温柱温参数或者不同的升温程序，得到不同的分离结果。让学生掌握气相色谱的参数选择以及方法优化。

3 虚拟仿真实验教学资源取得的成效和存在的问题

与航空航天、交通运输、大型机械制造、军事科技相比，虚拟仿真实验在生物学教学中的应用并不普遍。我们在实践中体会到，虚拟仿真教学资源的应用至少在以下几个方面显现出明显的成效。

3.1 突破了生物学实验教学受时空条件的限制

中心面向我校生命科学类 9 个学院、25 个专业的 6 000 多名本科生开设各类实验课程 28 门，年均实验教学人时数达 25 万，而广量大的实验教学有别于综合性及师范类院校。以前采用的主要方式为课堂教学，该方式虽然可以较形象、具体地向学生展示教学内容，使学生对实验内容有较为直接地认识，但此种传统单次教学受时空限制，只能在实验室中进行，不利于学生对实验内容的课前预习和课后复习。例如植物的形态结构随着季节生长而发生变化，在茎的次生生长、果实和种子的形成过程中，实体实验仅为静态图片观察，一张切片中很难观察变化的立体形态，学生从中学到大学，没有实践基础，头脑中没有立体概念，很难掌握。又如在动植物物种资源的分类与鉴定的实验教学中，由于植物种类多分布广，并随季节变化，即使是实地采集的植物，也不容易同时采集到植株根、茎、叶、花、果、种子全部完整的植株，使分类的学习十分困难。

我们制作了生物学虚拟仿真实验教学系统以后。

较好地解决了这些问题，该系统首次将虚拟仿真实验应用于植物结构观察和植物识别鉴定教学，完成了植物的形态结构的虚拟显微镜观察和互动仿真实验，校园植物电子地图、农田杂草识别系统，以及主要植物的三维建模，使学生在虚拟环境中感受植物学实验的真实体验，提高了学习效果。

3.2 突破了生物学实验教学受大型仪器数量、操作过程等条件的限制

生命科学发展日新月异，但有的重要技术因为实验时间和仪器设备的限制还不能马上进入实践实验，如污水微生物处理技术、液相色谱法、气相色谱法、超速离心机、蛋白分离纯化、蛋白质组学研究方法、微波消解方法等，仪器设备构造复杂、操作复杂，即使面对真实仪器，学生也很难清晰了解仪器的内部构造及工作原理。通过虚拟仿真实验，可在网络上进行反复操作，为学生认识和掌握这些设备提供了条件，实际使用时即可加以验证，检验自己对相关知识的掌握。不仅降低了仪器损坏率，而且提高了教学效率，培养学生的初步研究能力和创新能力。

3.3 突破了生物学实验教学受教学成本、资源消耗、污染环境等问题的限制

农业生物学实验需要使用大量实验动植物，不利于生物保护，大型动物不仅材料难取，同时还面临检验检疫和废弃物处理等问题。且部分生物学研究方法，如基因工程、放射免疫等分子生物学实验，具有高要求、高危害、高消耗的特点。

鉴于此，我们建立了虚拟 3D 系统和动物解剖交互式虚拟仿真实验平台，它是在系统的物理模型上进行实验的技术，可以描述系统的内部特性，利用断层图片数据集开发，包括断层图及多个解剖学结构，对关键步骤进行交互式操作。通过此系统，学生可以直观系统全面观察动物的解剖结构特征及某些关键特征的动态变化过程。这些虚拟仿真实验，补充实体实验暂不具备的条件，完成了现有教学条件下无法完成的教学功能，为后续专业课程的学习和从事生物学相关工作打下坚实的基础。

3.4 存在的问题

利用国家级农业生物学虚拟仿真实验教学中心这

一平台, 我们初步开展了生物学实验教学信息化建设工作, 在取得一些成果的同时, 也认识到信息化建设中存在的一些问题。①实验教学模式能否跟上实验教学信息化建设的步伐。虚拟仿真教学资源最大的特点是可以实现学生的远程自主学习, 并可随时方便地进行师生互动。这些特点完全突破了教学实验室这一物理空间。如果教师的教学仍停留在课堂讲授、现场指导的传统模式, 虚拟仿真平台的强大功能就无从体现。因此, 迅速改变老师讲、学生听的“中国式教学”是实验教学信息化, 甚至高等教育信息化顺利进行的前提。②实验教学资源共享机制应从自主化向制度化转变。共享资源是此次虚拟仿真实验教学建设工作的核心。目前许多院校都在开展信息化建设工作, 高度信息化的教学资源天然具备共享的条件, 但如何共享、共享的覆盖面有多大仍是各院校的自主行为, 缺少统一和协调。如何建立实时的信息数据库, 加强不同院校间的协作与交流, 应该成为后续建设工作的重要方面。

参考文献

- [1] 王卫国. 虚拟仿真实验教学中心建设思考与建议 [J]. 实验室研究与探索, 2013, 32 (12): 5-8.
- [2] 肖伯祥, 郭新宇, 陆声链, 等. 植物三维形态虚拟仿真技术体系研究 [J]. 应用基础与工程科学学报, 2012, 20 (4): 539-551.
- [3] 鲁立. 网络虚拟仿真实验平台的构建 [J]. 电脑知识与技术, 2012, 8 (27): 6530-6533.
- [4] 李平, 毛吕杰, 徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设, 提高高校实验教学信息化水平 [J]. 实验室研究与探索, 2013, 32 (11): 5-8.
- [5] 王芳, 李滨, 郭兴启. 农业生物学实验教学中心网络信息化平台系统的构建 [J]. 高等农业教育, 2008, 4 (4): 57-59.
- [6] 田曙坚, 王岩, 徐金荣. 实验教学中心信息化建设的认识与探索 [J]. 实验室研究与探索, 2010, 29 (9): 92-94.

(责编 李融)