



基因工程实验数字化教学游戏的 实现与教学实践初探

杨 鹏, 员之曦, 胡诗茵, 曾承实

(电子科技大学 生命科学与技术学院, 成都 610054)

摘要: 针对基因工程实验学习中的各种问题, 尝试将“游戏化”的元素与虚拟技术相融合, 开发出了基因工程实验教学游戏软件。相比于虚拟实验平台, 基因工程实验教学游戏软件侧重于实现以游戏闯关的方式训练学生调动高阶思维解决问题的教育功能。教学实践结果表明, 该软件在帮助学习者建立宏观操作和微观结果之间的联系, 促进想象, 增强知识运用等方面起到了积极作用。这种尝试为促进高等教育生物类专业的数字化游戏教学提供了思路。

关键词: 基因工程实验; 数字化教学游戏; 教学实践; 生物类专业

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20190264

Preliminary Study on the Realization and Teaching Practice of Digital Teaching Game in Genetic Engineering Experiment

YANG Kun, YUN Zhixi, HU Shiyin, ZENG Chengshi

(School of Life Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: Aiming at various problems in genetic engineering experimental learning, an attempt was made to fuse the elements of “gamification” with virtual technology to develop genetic engineering experimental teaching software “genetic engineering game experiment (GEGE)”. Compared with the virtual experimental platform, GEGE software focuses on the educational function of training students to mobilize higher-order thinking to solve problems in a game-breaking way. The teaching practice results show that the GEGE software has played a positive role in helping learners to establish a connection between macro operations and micro results, promoting imagination, and enhancing the use of knowledge. This attempt provides ideas for promoting digital game teaching in higher education biology majors.

Key words: genetic engineering experiment; digital teaching game; teaching practice; biological profession

将教育内容融入游戏中, 以增添学习趣味、引导学习者投入学习过程, “严肃游戏”由此而来^[1]。2019年2月教育游戏发展研讨暨《中国教育游戏发展报告(2018)》发布会指出, 在电子游戏被逐渐重新认识的今天, 教育游戏作为一种数字教育资源, 其研究与应用对今天的教育改革具有非常重要的价值^[2]。在这份报告中将教育游戏明确为一种基于计算机的数字化的教育游戏, 而服务于教学目的的为数字化教学游戏。目前, 国内数字化教学游戏主要运用在中小学教育和文科教育中, 在高等教育的理工科教育教学中还未多

见, 主要是缺乏一线教师提供有价值的教学内容, 以及高度专业性的程序实现困难^[3-5]。服务于高等教育的数字化教学游戏在国外也属于新兴的教学方式, 从文献调研来看, 数字化教学游戏属于热点问题, 尚未形成固定的范式^[6]。

基因工程(genetic engineering)是生物工程的上游技术, 也是生物技术产业的核心内容。教育部生物技术和生物工程教学指导委员会分别在《生物技术专业规范》和《生物工程专业规范》中将“分子生物学与基因工程实验”列为核心实验课程^[7-8]。本文就以基因工程实验为核心开发了数字

收稿日期: 2019-06-27; 修回日期: 2019-11-07

基金项目: 电子科技大学教改项目(bksjy-2016-70, 2017XJYS62)。

作者简介: 杨鹏(1982-), 女, 博士, 讲师, 主要从事生物化学与分子生物学方面的研究。

化教学游戏, 接下来就设计思想、开发和教学实践方面进行探讨, 力求为同类学科的数字化教学游戏提供思路。

1 与虚拟仿真实验的区别

过去的十年间开发出了大批基因工程实验类的虚拟实验室^[9-10]。但是虚拟实验总体存在的问题是, 创设的教学情境不够生动、互动性不足、学习者缺乏自主探索的机会^[11]。这主要是因为现有的虚拟仿真实验教学系统的开发主要以真实实验教学中不能、不易或不能完全开展的实验项目或内容为目标, 提供有效载体与平台^[12]。分析可知, 由于缺乏情节, 虚拟实验无法模拟出学习者在真实实验中遭遇的实际问题。单纯的虚拟仿真实验不易使学习者建立不同层面知识间的联系、操作选择与结果之间的对应关系, 无法对知识细节达到更深入的理解。

与虚拟实验室相同, 数字化教学游戏也是借助虚拟技术来实现的。但数字化教学游戏却更加关注宏、微观之间的联系, 并意在实现以游戏闯关的方式训练学生调动高阶思维解决问题的教育功能。文献 [13] 对国际教育游戏的实证研究表明, 教育游戏为学习者提供了非良构的问题情境和开放的探索空间, 有利于发展学习者的高阶思维。文献指出, 高阶思维是高阶能力的核心, 主要指决策力、批判性思维、问题求解能力以及创新能力。

根据以上理论, 基因工程实验的数字化教学游戏的总体目标就是要借助“轻游戏”的方式^[14], 达到教育功能与游戏特性的融合。在此设

想的基础上, 结合十余年的教学经验, 在电子科技大学生物-信息复合培养实验班的培养体系的支持下, 我们探索并开发了基因工程实验教学游戏 (genetic engineering game experiment, GEGE) 软件, 同时运用于实际的教学过程中, 取得了初步成效。

2 GEGE 软件的设计开发思路

下面就以基因工程实验中的重要内容“基因重组表达”为例说明 GEGE 软件中融合教育功能与游戏特性的设计开发思路。这项实验的真实教学过程存在 3 方面的困难:

- 1) 实验周期长, 至少需要 3 天时间才能看到最终结果;
- 2) 实验过程可见性差、反馈少, 多数步骤没有直接反馈, 要等到实验进行到一定程度才能判断;
- 3) 实验过程繁琐, 因涉及的试剂器皿过多, 学生在真实实验中容易丧失总体目标。

这些困难大大降低了学习者的学习获得感, 促使我们借助“互联网+”技术, 开发数字化教学游戏。

GEGE 软件的设计需借助数字化的虚拟技术, 但是淡化了模拟宏观可见的实验环境和试剂耗材等方面的巨大代价, 重点在于模拟学习者在真实实验中遇到的非良构问题, 并为问题解决提供平台。学习者需调用已有知识, 结合给定信息进行分析、判断、综合与决断以通过关卡, 多个关卡串联组合导向完成最终目标而通关成功。GEGE 软件包括游戏的几个重要部分: 任务目标、规则与关卡以及反馈系统, 如图 1 所示。下面分别作详细介绍, 并以酶切关卡为例说明。

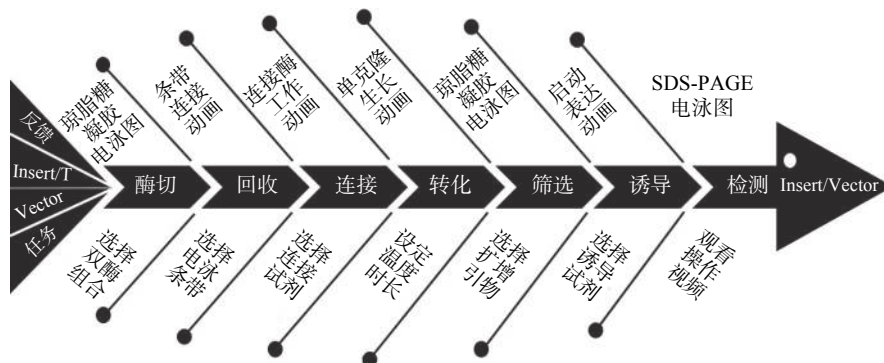


图 1 GEGE 软件的游戏目标、任务系统和反馈系统

2.1 综合性实验目的对应游戏的任务目标

基因重组表达的具体实验任务是将连接在

T 载体中的目的片段 (Insert/T 中的 Insert 片段) 转接到表达载体 (Vector) 上, 构建成 Insert/Vector 的

表达重组子并表达重组蛋白。GEGE 软件就是把这整个实验过程作为一个基本剧情,学习者的最终目的就是要“挑选”出阳性克隆并“检测”到目的条带的表达。这就把综合性实验的任务与游戏的任务目标相统一,学习者在游戏中必须牢记。

2.2 游戏规则与关卡的设置

真实实验任务的完成,其实就是一系列基于专业知识的内在逻辑和信息综合选择的结果。能作为规则的知识逻辑最好是输入和输出之间的联系是历经验证、真实存在、可靠的因果关系。与普通游戏相比,这种游戏规则更复杂、更专业,需要动用基于专业知识的高阶心理活动作出判断。

具体到 GEGE 软件的设计中,达成最终目标需要经过酶切、回收、连接、转化、扩培、阳性克隆的筛选、诱导表达和 SDS-PAGE 检测等步骤,基本上涵盖了分子克隆实验中大部分的经典操作(图 1 中的“任务”)。在此期间,学习者需要在多个步骤上不断做出选择、实施正确的操作,使实验环环相扣,以保证达成最终的任务目标。在设计关卡时,将一个或几个知识点包装成一个选择关卡。每一个选择关卡的项数、选择项内容、具体信息的同步和操作提示等都被融合进某个关卡。

2.3 游戏的反馈系统

就基因工程实验而言,反馈系统在虚拟实验与真实实验之间具有本质区别。简单而言,作为游戏的虚拟实验需要即时反馈。这与真实实验的反馈往往需要较长的试错和反馈时间(3~4 天)是背道而驰的。那么在教学游戏设计中如何打破这种长时反馈的弊端呢?下面提出了一些解决方案。

2.3.1 微观层面素材的引入

在 GEGE 软件借助动画体现 EP 管的反应过程,配合学习者的宏观操作出现不同的微观动画以给予反馈,并诱发他们对于微观过程的想象。例如,在连接反应过程中,学习者能“看到”之前自己选择的连接片段在 EP 管中发生的微观反应,如图 2(a) 所示。在这个阶段,一旦他们运用知识判断自己的选择不是正确的,那么他们可以立即“返回”重新进行选择,而不必像真实实验那样终止实验。

2.3.2 错误反馈系统

对于明显的操作错误,比如选择错误的试剂

(试剂的辨识错误)、不规范的操作、未“吸入试剂”等,在游戏过程中会有对话框作出提示,如图 2(b) 所示。这些反馈信息设置的初衷是为了让学习者明确在真实实验中的基本操作要点,避免因操作错误而导致的实验失败。

2.3.3 其他引领指标

任务进度条作为引领性指标,可以清晰地告诉学习者当前的任务节点;在游戏结束时,设置以完成时间排序的打分机制,使学习者了解距离标准完成时间的差距,如图 2(c) 所示。所有这些内容,给教育软件融入了游戏的元素,加强了教育功能,支持和激励学习者在虚拟的世界中独自完成操作并达到熟练的程度,为真实实验做好充分的准备。



(a) 微观动画具象化EP管中的反应



(b) 错误反馈系统



(c) 进度条与打分系统

图2 GEGE 软件反馈系统举例

2.4 关卡任务及反馈举例

根据以上分析,本文以酶切场景为例,描述 GEGE 软件帮助学习者在游戏中调用专业知识决策和解决实际问题的功能。

在酶切场景中,学习者需要根据提供的质粒图谱,在所提供的几种限制性内切酶中选择以建立酶切反应体系,然后经过琼脂糖凝胶电泳向学习者展示自己选择的限制性内切酶组合所得出的“电泳结果”。界面上的“提示栏”显示学习者的“操作方法”和在反应 EP 管中“加入的试剂”以帮助学习者随时反思操作过程。

GEGE 软件中设计的酶切选择过程,涉及分子生物学中的一系列知识点的运用,比如转录起始位点、限制性内切酶、移码突变、质粒图谱的解读等,学习者需要多知识点综合判断,才能建立正确的酶切反应并为后面的实验过程提供正确的“材料”。通过运行 GEGE 软件,学习者甚至可以运用并收获在有限的真实实验时间里也无法触及的知识。

3 GEGE 软件的实现

在上述设计思路的指导下,GEGE 软件的整体开发以游戏引擎 Unity3D(ver. 5.5.4)为基础,使用与 Unity3D 适配的 Visual C#脚本搭建软件整体的界面,构建实验器材模型。此外,脚本语言 C#还负责实现整体软件的逻辑判定与具体的 UI 方法:软件内置多种实验组合可能,每一种实验方案都有相应结果对应。根据前述设计方案,在程序方面架构大致逻辑框架,代码如下所示:

```
public class Micro_Ligase: MonoBehaviour {
    GameObject movie11;
    GameObject movie12;
    //...省略其余定义
    void start(){
        movie11=GameObject.Find("Movie11");
        movie12=GameObject.Find("Movie12");}
    public void CheckLigaseMicroProcess() {
        /* 用于连接体系完成后是否能够转化、生长、
        PCR、SDS-PAGE 的变量控制*/
        //Tinsert 质粒未切割+Vector 质粒情况
        if (PlayerPrefs.GetInt("T_CutStrip") == 1 &&
        PlayerPrefs.GetInt("V_CutStrip") == 1){
            //Trans_Ecoli 存储转化 Ecoli
            PlayerPrefs.SetInt("Trans_Ecoli", 1);
            //Ecoli_Grow 存储 Ecoli 是否生长
            PlayerPrefs.SetInt("Ecoli_Grow", 1);
            //PCR 存储 PCR 条带有无
```

```
        PlayerPrefs.SetInt("PCR",1);
        //SDS 存储 SDS-PAGE 检测有无表达}
        PlayerPrefs.SetInt("SDS",0);
        //Tinsert 质粒未切割+Vector 单酶切
        else if (PlayerPrefs.GetInt("T_CutStrip") == 1
        && PlayerPrefs.GetInt("V_CutStrip") == 2){
            PlayerPrefs.SetInt("Trans_Ecoli", 1);
            PlayerPrefs.SetInt("Ecoli_Grow", 1);
            PlayerPrefs.SetInt("PCR", 1);
            PlayerPrefs.SetInt("SDS", 0);}
        //...省略其余情况}
    public void PY(){
        /*下一步培养按钮*/
        //阶段控制
        Stage = 5;
        //根据转化情况控制相应动画播放
        if (PlayerPrefs.GetInt("Ecoli_Grow") == 1){
            movie12.GetComponent<TweenScale>().Play-
            Forward();
            movie12.GetComponent<MovieController>().
            MyMoviePlay();}
        else if (PlayerPrefs.GetInt("Ecoli_Grow") == 0){
            movie11.GetComponent<TweenScale>().Play-
            Forward();
            movie11.GetComponent<MovieController>().
            MyMoviePlay();
        }}}
```

设计上综合考虑用户的各种操作情况,使用数据持久化 PlayerPrefs 记录游戏的阶段性操作结果,与之后阶段的微观连接、宏观生长等动画的展现相关联,利用 MovieTexture 承载动画并控制播放。

用于用户登录的后端数据库由服务器端的 MySQL 5.7 进行构建与预先编辑,通过 C#脚本访问与交互,进行用户端数据写入、存储与校对。

4 GEGE 软件用于教学实践

已于 2018—2019 学年第 2 学期在电子科技大学生物技术专业 2016 级本科课程教学中试用了第 1 版 GEGE 软件并收集了反馈信息。反馈结果表明,GEGE 软件在以下方面促进了教学效果:

1)学习者在课程开始前和课程开始第一天使用 GEGE 软件,虽然有些内容需要参照讲义完

成,但 GEGE 软件可部分替代阅读讲义,起到了促进预习的作用;

2)学习者认为该软件在实验原理、总体流程和操作规范等方面帮助最大,相比于真实实验的繁琐,虚拟教学游戏软件帮助他们更快地理清实验思路、把握实验重点,有助于避免在真实实验中犯错;

3)促进学习者理解了 EP 管中发生的微观过程和细节,建立了宏观操作和微观结果之间的联系,触发了学习者主动想象微观过程,加深对知识的理解。

当然,学习者也提出了一些建设性意见。比如对错误操作应该有更多的反馈,对重要的步骤的提示应该更加醒目,视频可以暂停或者回播以便捕捉重要信息,重复动作最好有快捷键以减少无聊的操作……这些建设性的意见都将有助于从逻辑层面、操作层面和认知层面全面提升该软件的游戏特性。

5 结束语

随着网络“原住民”逐渐成为接受教育的主体,传统教育教学方法的弊端在新的形势下已经成为学生接受知识的顽固阻碍,随着“互联网+”在教育领域的不断渗透,运用现代技术促进教学方式的改变已刻不容缓。除了通过不断增强虚拟技术力求给新生代的受教育主体带来更真实的感官体验之外,还应该把投入的巨大成本逐渐转移到教育教学“游戏化”的尝试中,力求在深度互动中训练出学生运用知识的高阶思维能力^[14],深化他们对基本知识的理解和掌握,这才是学生在真实世界中知识迁移以应对挑战创新的基础。通过对 GEGE 软件的实现和教学实践探索,本研究证明,以“轻游戏”为依托的数字化教学游戏是一条可行的路径。这为开发针对高等教育生物类专业的新形态教学资源提供了一些思路。

参考文献

- [1] DEMPSEY J V, LUCASSEN B A, HAYNES L L, et al. Instructional applications of computer games[C]//Annual Meeting of the America Educational Research Association. New York: Eric, 1996.
- [2] 中国教育技术协会教育游戏专委会秘书处. 教育游戏发展研讨暨《中国教育游戏发展报告(2018)》发布会举行[J]. 现代教育技术, 2019, 29(2): 25.
- [3] 凡妙然. 国内教育游戏研究现状的可视化分析: 热点与趋势[J]. 现代远距离教育, 2018(2): 27-34.
- [4] 朱丹丹. 虚拟现实技术与教育游戏结合的发展前景初探[J]. 当代电影, 2018(2): 164-167.
- [5] 韩颖畅. 创客思维下的教育游戏设计[D]. 天津: 天津职业技术师范大学, 2018.
- [6] LAMERAS P, ARNAB S, DUNWELL I, et al. Essential features of serious games design in higher education: Linking learning attributes to game mechanics[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2017, 48(4): 972-994.
- [7] 教育部高等学校生物科学与工程教学指导委员会. 生物技术专业规范[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2012, 2(1): 3-10.
- [8] 教育部高等学校生物科学与工程教学指导委员会. 生物工程专业规范[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2012, 2(2): 3-10.
- [9] 孙林, 张彪, 王红梅. 基因工程虚拟仿真实验室的建立与运行[J]. 教育教学论坛, 2015(51): 244-245.
- [10] 刘青, 刘锐, 张凡. 基因工程虚拟实验室的设计与实现[J]. 现代教育技术, 2006, 16(5): 60-64.
- [11] 黄璐, 章苏静. 基于整合情境的游戏化虚拟实验的设计研究[J]. 现代教育技术, 2013, 23(11): 109-114.
- [12] 张彪, 黄金林, 张惠芹, 等. 生物类虚拟仿真实验教学中心可持续发展模式研究[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(5): 220-223.
- [13] 尚俊杰, 肖海明, 贾楠. 国际教育游戏实证研究综述: 2008年-2012年[J]. 电化教育研究, 2014(1): 71-78.
- [14] 尚俊杰, 庄绍勇, 蒋宇. 教育游戏面临的三层困难和障碍——再论发展轻游戏的必要性[J]. 电化教育研究, 2011(5): 65-71.

编辑 张莉