

2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目 申报表

学 校 名 称	<u>浙江农林大学</u>
实 验 教 学 项 目 名 称	<u>珍稀濒危植物铁皮石斛近野生 栽培虚拟仿真实验教学项目</u>
所 属 课 程 名 称	<u>植物栽培与分析测试综合实验</u>
所 属 专 业 代 码	<u>090501</u>
实验教学项目负责人姓名	<u>高燕会</u>
实验教学项目负责人电话	<u>18267136776</u>
有 效 链 接 网 址	<u>http://zafu.owvlab.net/virexp/2c918084659d8c1c0165a30f175110ce</u>

教育部高等教育司 制

二〇一八年七月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 涉密内容不填写，有可能涉密和不宜大范围公开的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

摘 要

铁皮石斛位居“中华九大仙草”之首，自然生长于悬崖峭壁和高大的树干上，其生长环境特殊、自身繁殖困难和过度采挖，野生资源已经枯竭，被列为国家二级保护中药材。近 20 年来，先后突破了“组培快繁”、“品质育种”、“种植模式单一”等关键科学和技术问题，使铁皮石斛从珍稀名贵中药材转变为中药大品种，2017 产值达 150 亿元，成为依靠科学技术发展现代林业、践行“绿水青山就是金山银山”的典范。但是，崖壁附生和活树附生等近野生栽培模式存在适栽条件苛刻、操作安全隐患大、种苗培育不可逆、生产周期过长等特点，导致学生无法亲历实验实践。

本项目基于林学国家级特色专业建设与拔尖创新型卓越农林人才培养计划，利用“铁皮石斛品种选育与高效栽培”两项省部级一等奖成果和虚拟仿真技术，以“种苗繁育—近野生栽培—质量评价”等现代林业产业化关键技术环节为主线，建立生长仿真、设备仿真、操作仿真、实时记录、过程评价、信息反馈、结果保存、提交报告、在线考核的系统化课程体系，实景操作、在线考核、师生互动等新颖的教学模式，构建“珍稀濒危植物铁皮石斛近野生栽培”虚拟仿真实验教学平台，传授国际领先的学科前沿理论、方法和技术，使学生从中获得启发，进而培养学生的自主学习和创新能力，掌握现代林业产业关键环节的知识与技术，又避免野外操作的危险性，克服种苗生长周期长，弥补实践教学时间的不足。

项目由省部共建亚热带森林培育国家重点实验室、国家科技特派员铁皮石斛创业链、国家林业局铁皮石斛工程技术研究中心、国家中医药管理局铁皮石斛品种选育与生态栽培重点研究室共建，以“开放、共建、共享”的方式，面向兄弟院校及相关企业、研究院所开放，成为林学、中药、植物类相关专业学生和铁皮石斛产业转型升级实训基地，提升校内外学生践行“绿水青山就是金山银山”的综合素养和创新创业能力，更好地服务于地方产业和精准扶贫需求。

目 录

1. 实验教学项目教学服务团队情况.....	1
2. 实验教学项目描述.....	4
3. 实验教学项目相关网络要求描述.....	33
4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术.....	36
5. 实验教学项目特色.....	39
6. 实验教学项目持续建设服务计划.....	41
7. 诚信承诺.....	42
8. 申报学校承诺意见.....	42
9. 附件：合作协议.....	43

1.实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓 名	高燕会	性别	女	出生年月	1974.04
学 历	博士	学位	博士	电话	0571-63743853
专业 技术职务	副教授	行政职务	/	手机	18267136776
院系	林业与生物技术学院		电子邮箱	gaoyanhui408@126.com	
地址	浙江杭州市临安区武肃街 666 号			邮编	311300
教学研究情况 教学研究课题 1. 《植物生物技术模块化实验教程》的编制, 国家林业局十三五规划教材, 2018-2019 2. 《植物基因工程原理与应用》教学团队项目, 校级, 2016-2018 3. 《生物技术大实验的教学改革探讨》, 校级, 2011-2012 教学成果和论文 1. 高燕会, 朱玉球, 生物技术大实验的教学改革探讨, 创新教育研究, 2014,2,54-58 2. 浙江省第八届大学生生命科学竞赛三等奖(指导教师), 浙江省大学生科技竞赛委员会, 高燕会, 1/2, 2016 -12 3. 浙江省第五届大学生生命科学竞赛二等奖(指导教师), 浙江省大学生科技竞赛委员会, 高燕会, 1/2, 2013 -12 4. 浙江省第十三届“挑战杯”海天雄镇·大学生课外学术科技作品竞赛三等奖(指导教师), 1/2, 2013 5. 浙江农林大学第六届“东湖杯”大学生课外科技作品竞赛二等奖(指导教师), 1/2, 2013-6 6. 浙江农林大学林业与生物技术学院连续 5 年获“优秀导师”, 2013-2017					

学术研究情况

科研项目

1. 铁皮石斛品种选育与生态种植 (2017YFC1702201), 国家重点研发计划项目, 2018/01-2021/12, 骨干。
2. *LsMYBs* 转录因子调控换锦花红蓝复色花形成的分子机制 (31670696), 国家自然科学基金面上项目, 2017/01-2020/12, 主持。
4. 石蒜属花卉资源保育、种质创新与种球繁育, 浙江省“十三五”林木新品种选育“高价值草本花卉资源收集、保育和创新”子课题 (2016C02056-13), 2016/01-2020/12, 主持。
4. 石蒜属花卉新品种选育和种球繁殖技术 (2012C12909-14), 浙江省花卉新品种选育重大科技专项重点项目, 2011/01-2015/12, 主持。
5. 石蒜花色形成机理及相关基因克隆的研究 (Y3100406), 浙江省自然科学基金, 2010/01-2012/12, 主持。

发表论文

1. 石蒜属植物实时荧光定量 PCR 内参基因的选择, 园艺学报, 2/3 (通讯作者), 2015, 42 (6)。
2. 石蒜 *Ty1-copia* 类反转录转座子反转录酶基因 (RT) 的克隆与分析, 农业生物技术学报, 2/3 (通讯作者), 2015, 23 (4)。
3. Analysis of genetic diversity and relationships among genus *Lycoris* based on start codon targeted (SCoT) marker, 1/6, Biochemical Systematics and Ecology, 1/7, 2014, 57。
4. 换锦花 EST-SSR 标记开发及遗传多样性分析, 核农学报, 2/3 (通讯作者), 2018, 32(6)。
5. 盛况, 高燕会 (*) 斯金平, 朱玉球, 铁皮石斛 *DoCDPK* 基因的克隆与表达分析, 园艺学报, 2/4 (通讯作者) 2016, 43(12)。

学术奖项

1. 铁皮石斛良种选育与高效栽培技术研究, 梁希林业科学技术一等奖, 国家林业局, 第 6, 2015。
2. 铁皮石斛品种选育与高效栽培, 浙江省科学技术进步奖一等奖, 浙江省人民政府, 第 6, 2016。

1-2 实验教学项目教学服务团队情况						
1-2-1 团队主要成员（5 人以内）						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	高燕会	浙江农林大学	副教授	/	项目总协调和实验教学	
2	朱玉球	浙江农林大学	高级实验师	/	实验教学	
3	伊力塔	浙江农林大学	副教授	副院长	项目建设	
4	刘京晶	浙江农林大学	讲 师	/	虚拟教学资源的应用	在线教学服务
5	王正加	浙江农林大学	教 授	院 长	虚拟教学资源的应用	
1-2-1 团队其他成员						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
6	楼雄珍	浙江农林大学	高级实验师		实验教辅	在线教学服务
7	黄有军	浙江农林大学	副教授	国家级林学类实验教学中心副主任	虚拟教学资源的应用	
8	张新风	浙江农林大学	副教授		虚拟教学资源的应用	
9	斯金平	浙江农林大学	教 授	林学一级学科遗传育种负责人	虚拟教学资源的应用	
10	黄坚钦	浙江农林大学	教 授	林学一级学科专业负责人	虚拟教学资源的应用	
11	黄华宏	浙江农林大学	教 授	生物学一级学科专业负责人	虚拟教学资源的应用	
12	胡恒康	浙江农林大学	工程师	林学专业秘书	网络管理	教学服务
13	魏 炜	南京莱医特电子科技有限公司	高级系统分析师	项目总监	产品开发	技术支持
14	付小成	南京莱医特电子科技有限公司	高级程序员	开发主管	软件开发	技术支持
15	郑正权	浙江农林大学	硕士研究生		在线服务	在线教学服务
项目团队总人数：15 人）高校人员数量：13（人）企业人员数量：2（人）						

2.实验教学项目描述

2-1 名称：珍稀濒危植物铁皮石斛近野生栽培虚拟仿真实验教学项目

2-2 实验目的

本实验以“种苗繁育—近野生栽培—质量监控”等现代林业产业化关键技术环节为主线，具有学科融合、内容丰富、知识前沿、应用性强、危险性大、周期长等特点，是现代林业的核心实践课程，实验的主要目的：一是强化学生种苗繁育、野化栽培、分析测试等现代林业知识点掌握，二是强化知识点之间的融合，缩短实验周期，提高实验综合效果，三是传授铁皮石斛野生栽培规范化技术，提升学生的综合素养和创新创业能力。

1.强化现代林业核心知识与技能

本实验内容由三部分组成：（1）组织培养：包括培养基设计与制备、无菌操作与继代培养和试管苗驯化与移栽；（2）近野生栽培：包括崖壁、活树附生的生态基础和崖壁与栽培技术要点；（3）成分鉴定：包括分析测试方法的应用与各种仪器设备的使用。

通过本实验可以掌握核心技能：（1）能深刻理解植物组织培养的技术原理，掌握组织培养实验室设备和使用方法；（2）掌握植物常用的栽培技术方法，熟悉野生栽培模式的技术手段；（3）了解行业需求和特色产业发展状况，具备解决生产实践问题能力。

上述内容是现代林业的核心实践课程，涉及到植物栽培的基本理论、研究方法、技术原理，符合教学大纲的要求。在有限的课时内让学生理解和运用已学知识进行实验，全面提升学生的理论知识与实验技巧，培养综合素质。

2. 强化知识点之间的融合，缩短实验周期，提高实验综合效果

本项目涉及8个实验知识点，实验原理复杂，实验规模较大、实验仪器精密、实验步骤繁琐、实验技术要求高、危险性大耗时长，难以实施。以植物组织培养模块的构建为例，在一切进展最为理想的情况，连续实验1周才能完成各操作步骤，但要看到各阶段的结果，需要3至9个月。但在实际实验的每个环节耗时长，不可控的因素较多，容易导致实验结果不理想。因此，本项目将分散零碎的单个实验整合为综合性的大实验，以虚拟仿真实验的形式呈现，便于学生运用所学基本理论和专业知识完成实验，并能根据实验者需要可进行多次重复实验，达到熟

练掌握，从而提高了实验的技能。

实体实验一般以 3-6 个学生为一个实验小组进行实验。并且根据实验难度，有些实验学生自己操作，有些为教师示范。而虚拟仿真实验要求每个学生独立完成。实验前，要求学生在实验前认真预习，结合已学知识，看懂每一步实验的目的和原理，了解实验内容和方案。实验论文要求独立写作，详细查阅相关文献资料、分析和讨论实验结果，不仅使学生对整个实验的基本研究方法和操作程序有了全面系统的认识，体会了科学研究的严密逻辑和科研理念，也充分调动了学生学习的主动性和积极性，培养了学生浓厚的实验兴趣，提高了学生的思维能力、动手能力、分析问题和解决问题的能力及创新能力。

3. 传授铁皮石斛野生栽培规范化技术服务产业转型升级

铁皮石斛位居“中华九大仙草”之首，自然生长于悬崖峭壁和高大的树干上，其生长环境特殊、自身繁殖困难和过度采挖，野生资源已经枯竭，被列为国家二级保护中药材。本实验以“种苗繁育—近野生栽培—质量监控”等铁皮石斛产业化关键技术环节为主线，系统总结了近 20 年来先后突破的“组培快繁”、“品质育种”、“种植模式单一”等居国际先进水平产业化关键技术，具有系统性、科学性、先进性、实用性，对于提升校内外学生的综合素养和创新创业能力，以及铁皮石斛规范化栽培、产业可持续发展有重要的作用。

2-3 实验原理（或对应的知识点）

知识点数量： 8 （个）

本项目主要包括“植物组织培养、近野生栽培、功效成分测定”三个模块的内容。

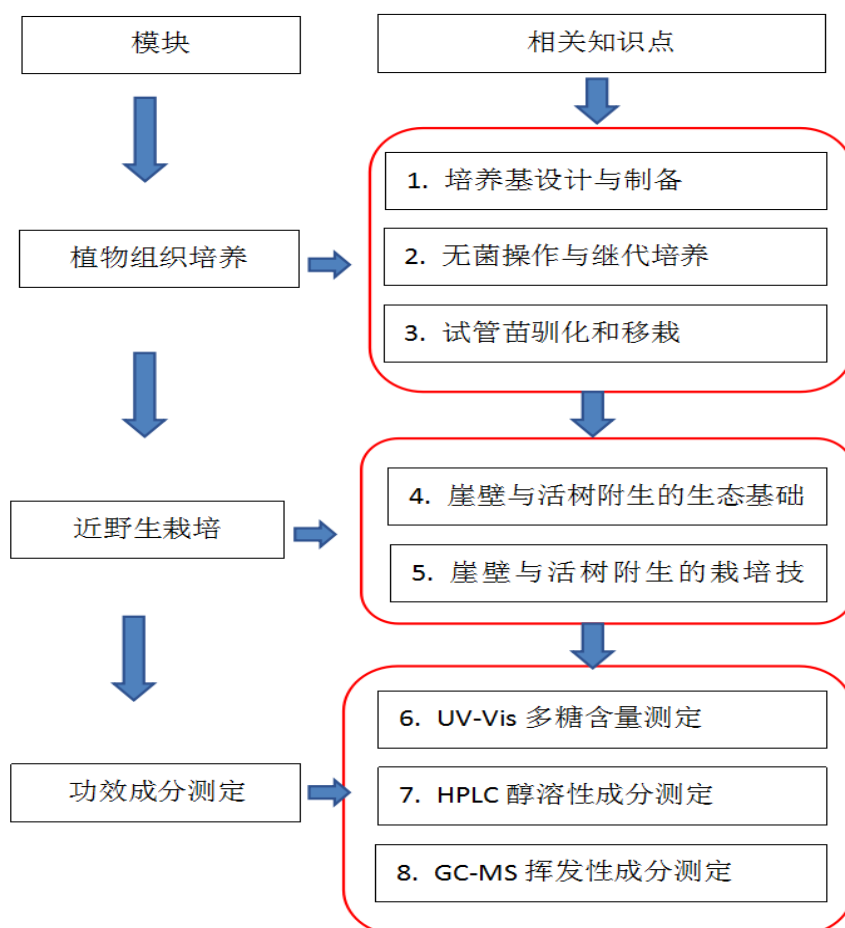


图 1 技术路线图

模块一、铁皮石斛种苗繁育

种苗繁育是生产近野生铁皮石斛的关键，相关的知识点有：

- 1.培养基设计制备：包括培养基配方设计原理、培养基母液和培养基的制备
- 2.无菌操作和继代培养：包括外植体的选择、表面消毒、无菌接种和继代培养、植物愈伤组织诱导、增殖和再生植株的影响因素
- 3.试管苗驯化和移栽：试管苗移栽前驯化的环境条件和移栽技术。

模块二、铁皮石斛近野生栽培

铁皮石斛近野生栽培包括崖壁附生栽培和活树附生栽培。相关知识点有：

- 4.崖壁与活树附生的生态基础：崖壁选择（坡向、坡度选择）和崖面清理；

活树种植林分选择标准，林分郁闭度调控和林地清理，操作人员安全防护；崖面清理方法；崖壁种植方法等。

5. 崖壁与活树附生的栽培技术：操作人员安全防护（安全服穿戴、系安全绳方法）、梯子固定、喷水设施铺设要求与方法、种植苗要求、崖壁和活树附生种植方法、栽后管理技术要求。

模块三：功效成分测定

功效成分测定是铁皮石斛质量检测重要技术，相关知识点有：

6. UV-Vis 多糖含量测定：包括苯酚硫酸法提取多糖、UV-Vis 测定多糖的原理和技术。

7. HPLC 醇溶性成分测定：包括醇溶性成分的提取、HPLC 大型仪器组成、HPLC 测定醇溶性成分的原理和技术。

8. GC-MS 挥发性成分测定：包括挥发性成分的提取方法、GC-MS 大型仪器组成和挥发性成分测定的原理和技术。

2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

HPLC、GC-MS、全自动高压灭菌锅、正置（荧光）显微镜、体视显微镜、紫外分光光度计，超净工作台，光照培养箱冰箱、微波炉，pH 酸度计，设施栽培苗床，灭菌器，电子天平，安全防护等。

2-5 实验材料（或预设参数等）

1. 实验材料：铁皮石斛茎段和 1.5-2.0 年生的铁皮石斛种苗。

2. 试验试剂：MS 基本培养基、75%消毒酒精，2.5%次氯酸钠，NAA，6-BA，IBA，蔗糖，琼脂。

3. 实验所用培养基：

愈伤组织诱导培养基：1/2MS + 6-BA 1.0mg/L + IBA 1.0mg/L + 蔗糖 30g + 琼脂 7.8g/L

芽诱导培养基：1/2MS + 6-BA 1.0mg/L + IBA 1.5mg/L 蔗糖 30g + 琼脂 7.8g/L

芽增殖培养基：1/2MS + 6-BA 0.5mg/L + IBA 1.5mg/L 蔗糖 30g + 琼脂 7.8g/L

生根培养基：1/2MS + NAA 1.0mg/L + 蔗糖 30g + 琼脂 7.8g/L

4. 栽培基质：松树皮、活树和悬崖

2-6 实验教学方法

1. 虚拟仿真教学方法的使用目的

本项目基于林学国家级特色专业建设与拔尖创新型卓越农林人才培养计划，利用“铁皮石斛种苗繁育、崖壁与活树附生、功效成分测定”等省部级一等奖成果，构建“珍稀濒危植物铁皮石斛近野生栽培”虚拟仿真实验教学平台，传授种苗繁育—野化栽培—分析测试等知识和技术，避免野外操作的危险性，克服种苗生长周期长，弥补实践教学时间的不足。在短时间内掌握植物组织快系的基本理论、培养基设计的原理和制备方法，外植体选择和接种规范操作，试管苗移栽的技术；掌握崖壁和活树附生植物种植的关键技术；多糖成分测定的原理、方法和技术，进而全面掌握铁皮石斛近野生栽培的关键技术，解决了适栽条件苛刻、操作安全性、种苗不可逆、周期长的缺点，进一步将现代林学基础知识、专业知识与产业实践关键技术相结合，平台建设既强化了学生专业知识和创新创业能力，又服务于铁皮石斛产业发展的社会需求。

2. 教学方法实施过程

学生进入虚拟仿真系统进行实验操作，在实验教学过程中采用问题式教学、讨论式教学和沉浸式教学相结合的教学方法。

(1) 问题式教学：在重要内容和步骤时提出相应问题，让学生通过分析问题来学习相关科学知识，培养学生自主学习、分析问题和解决问题能力，提高实验教学质量。

(2) 交互式教学：在虚拟实验中，学生可在线自主地针对实验内容，进行小组讨论，教师可通过虚拟仿真实验平台实现师生互动和生生互动的模式，形成与实体实验交互教学，加快对实验内容和相关知识点的吸收和扩展，有利于促进学生学习积极性，培养其综合实验能力。

(3) 沉浸式教学：利用虚拟仿真技术将铁皮石斛近野生栽培重要的环节和关键技术人机互动模式，虚实结合，有效推进了线上线下教学模式的应用。

(4) 开放自主实验教学：在时间和空间上实现对学生的全方位开放，同时任课老师在任何时间均在虚拟平台上实现师生互动，使学生能够自主地开展实验，快速掌握铁皮石斛近野生栽培的关键技术。

3. 实施效果

(1) 强化现代林业专业知识

本项目利用信息技术和虚拟仿真实验技术的优势,将省部级一等奖“铁皮石斛崖壁附生和活树附生栽培模式”的理论和 技术转化至实验教学中,模拟铁皮石斛近野生栽培过程中的种苗繁育、崖壁和活树附生、分析测试三个模块,虚实结合。通过本实验学生能够加深和强化对现代林业专业知识的理解:(1)深刻理解植物组织培养技术的原理,掌握组织培养实验室设备和使用方法;(2)掌握植物常用的栽培技术,熟悉近野生栽培模式的技术手段;(3)掌握植物天然产物功效成分测定的原理和相关大型仪器的使用;(4)了解行业需求和特色产业发展状况,具备解决生产实践问题能力。从根本上避免了学生实验操作的危险性、种苗繁育不可逆和周期长的限制,以及实践课时和大型仪器使用的不足,学生能够在有限的课时内理解和运用已学知识进行实验,全面提升学生的理论知识与实验技巧,培养综合素质。

(2) 培养学生创新创业能力

虚拟仿真实验要求每个学生独立完成。实验前,要求学生在实验前认真预习,结合已学知识,看懂每一步实验目的和原理,了解实验内容和方案。实验报告要求独立写作,详细查阅相关文献资料、分析和讨论实验结果。不仅使学生对整个实验的基本研究方法和操作程序有了全面系统的认识,体会了科学研究的严密逻辑和科研理念,也充分调动了学生学习的主动性和积极性,培养了学生浓厚的实验兴趣,提高了学生的思维能力、动手能力、分析问题和解决问题的自主学习能力和创新能力,提升了学生的综合素质和研究能力。

(3) 服务铁皮石斛产业发展

实验平台由省部共建亚热带森林培育国家重点实验室、国家科技特派员铁皮石斛创业链、国家林业局铁皮石斛工程技术研究中心、国家中医药管理局铁皮石斛品种选育与生态栽培重点研究室共建,以“开放共享”的方式,面向相关企业、研究院所及外兄弟院校开放,实现教学资源共享,将成为高校涉及中药、林学、植物类相关专业学生,尤其是铁皮石斛产业企业的虚拟实验和实训基地,更好地服务于铁皮石斛产业的发展(见申报书附件)。

2-7 实验方法与步骤要求

本实验采用虚拟仿真实验教学技术，开展铁皮石斛种苗繁育、近野生栽培、功效成分测定相关实验的教学，教学时长 4 个学时，学生交互操作步骤不少于 30 步。点击登录软件界面进入“珍稀濒危植物铁皮石斛近野生栽培虚拟仿真实验教学项目”，点击进入“开始实验”，进入实验模块：选择模块“野生铁皮石斛采集→植物组织培养→大棚种植→病虫害防治→活树和崖壁附生→多糖测定”中的任一模块均可进行相关实验操作，具体方法和操作步骤如下：

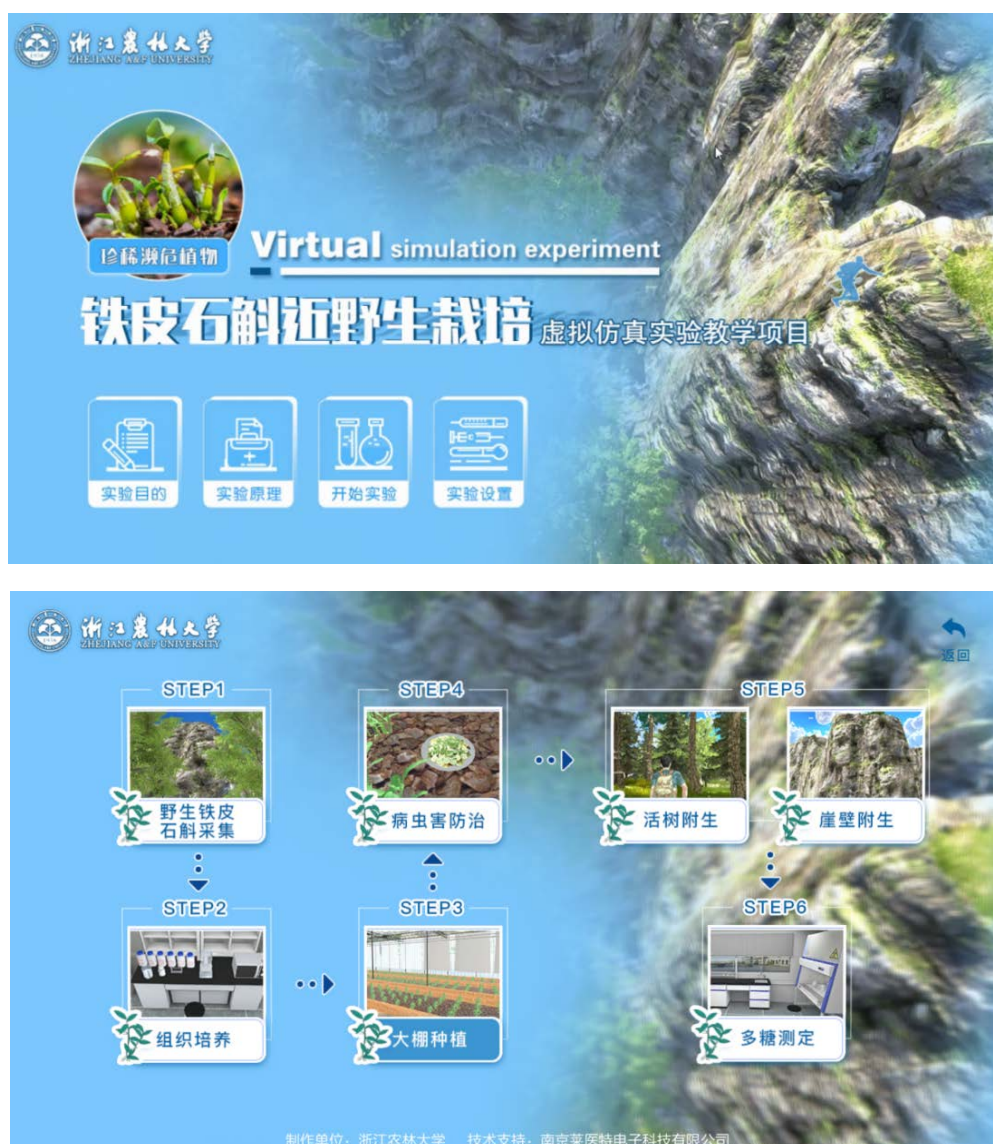


图 2 项目软件界面

1. 铁皮石斛种苗繁育（10 步交互操作）

（1）培养基母液和培养基制备

按照母液计算公式“母液吸取量=需配培养基体积（ml）/ 称量扩大的倍数”，计算配制 1L 培养基所需的母液：大量元素(10×) 100ml，微量元素（100×）10ml，有机物（100×）10ml，铁盐（100）10ml，培养基所需 6-BA（1.0mg/L）1ml，和 IBA（1.0mg/L）10ul。

按照培养基配方分别吸取各种母液，用蒸馏水定容到 1L，直接加入 30g 蔗糖和 7.8g 琼脂，用 1mol/L HCl 和 1mol/L NaOH 调节 pH5.8 - 6.0，微波炉加热至琼脂完全溶化，搅匀，分装于组培瓶，于全自动高压灭菌锅 121℃灭菌 18min 后，储存备用。

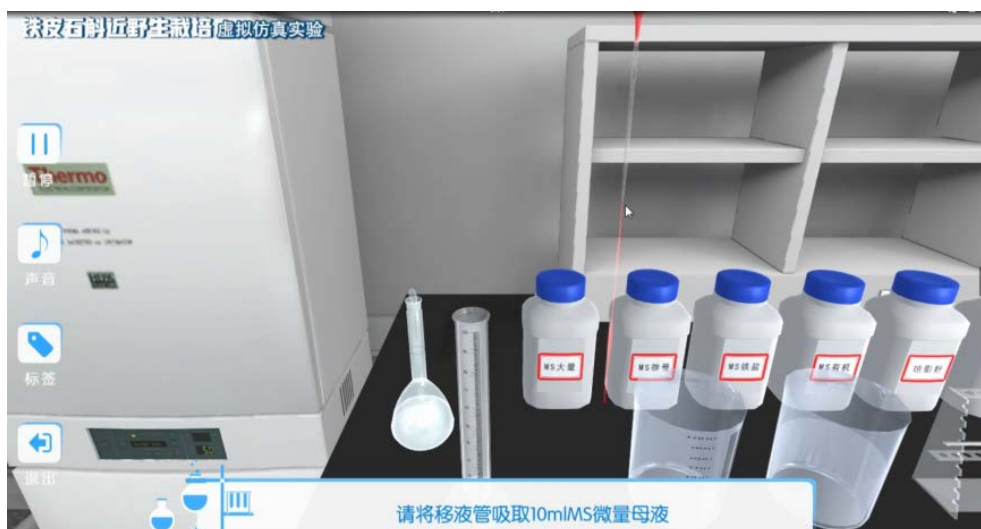


图3 培养基制备

（2）外植体的选择、消毒和接种

1) 外植体选择：选择无病、生长健壮铁皮石斛茎段作为外植体

2) 外植体消毒：洗洁精溶液浸泡、流水冲洗，于超净工作台 2.5%次氯酸钠消毒 10min~20min，无菌水冲洗 3-5 次。接种于愈伤组织诱导和芽分化培养基上进行培养。

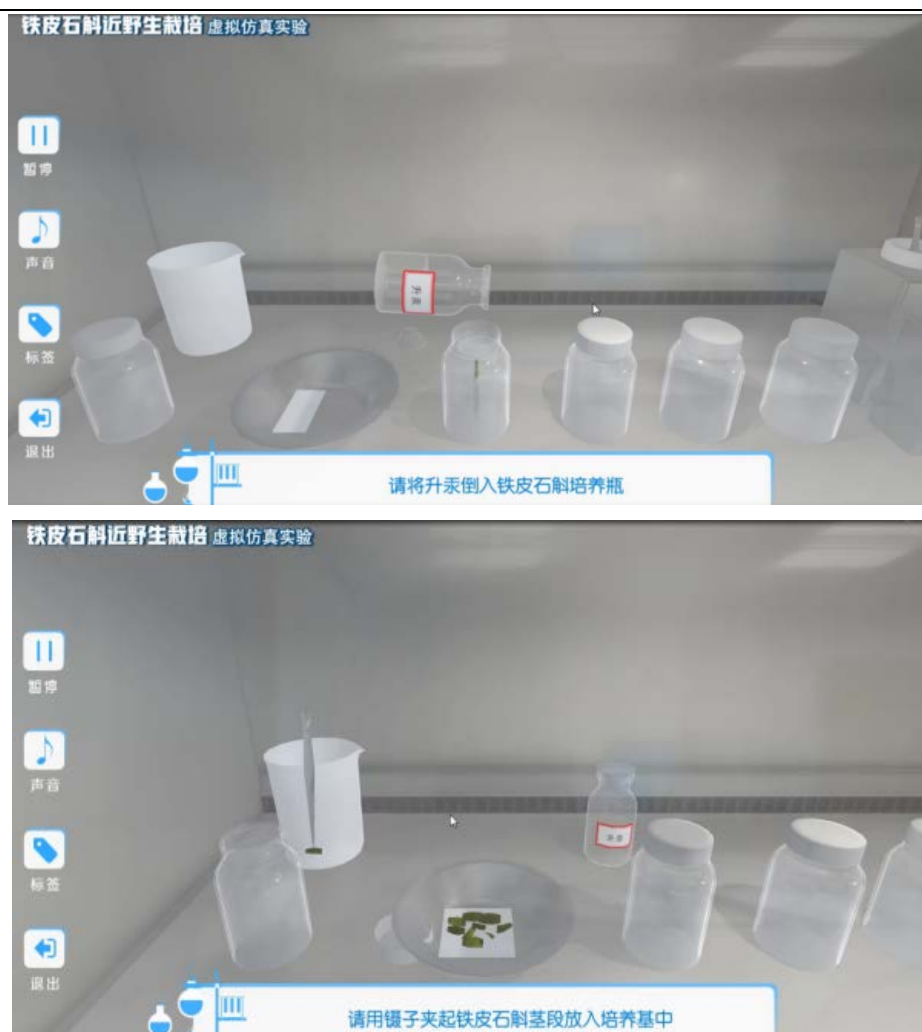


图 4 外植体消毒和接种

(3) 愈伤组织诱导和增殖

将接种到愈伤组织诱导培养基上的铁皮石茎段于 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下培养, 4 周后在茎段切口处形成愈伤组织。

(4) 铁皮石斛芽分化

1) 将铁皮石斛茎段接种到定芽分化培养基上, 培养 2 月后, 观察从腋芽部位分化出不定芽

2) 将铁皮石斛茎段和愈伤组织接种到不定芽分化培养基上培养, 4-5 周继代一次, 至少继代 3 次, 从愈伤组织长出多个不定芽

(5) 芽增殖培养

将分化出的小芽接种到芽增殖培养基中进行培养, 2 月后长成大苗。



图 5 试管苗培养

(6) 不定芽生根培养

将不定芽接种到生根培养基中，基部开始生根并不断生长

(7) 铁皮石斛试管苗驯化

将铁皮石斛试管苗移到驯化室，拧开瓶盖，驯化 1 周或更长时间，以便试管苗逐渐适应外界环境

(8) 铁皮石斛试管苗清洗和根部消毒

小心取出铁皮石斛试管苗，清洗干净基部培养基，用 800-1000×多菌灵浸泡根部 20-30min，待根试管苗根泛白时移栽。



图 6 试管苗清洗

(9) 铁皮石斛试管苗移栽

于每年的春秋两季，以松树皮为栽培基质，将驯化后根部泛白的铁皮石斛苗以 3-5 株/丛，行距 20cm，丛距 10cm，栽种到基质中，注意保湿和通风透气，避

免阳光直射，待新叶长出后，进行常规栽后管理。



图 7 铁皮石斛试管苗移栽

2.铁皮石斛近野生栽培技术（10 步交互操作）

（1）铁皮石斛近野生栽培技术

1) 崖壁附生栽培技术

崖壁选择：宜选择 80-90 度的崖壁，近垂直、非正朝西、雨后没有流水的丹霞质地崖壁进行崖壁附生栽培。

操作人员安全防护：操作人员穿上安全服，戴上安全帽，系好安全绳。

崖壁表面清理：清除崖面杂草和腐殖质。

种植苗选择：选择耐抗冻强 1.5-2 年生铁皮石斛种苗。

种植时间：每年 3-5 月。

种植密度：按 3~5 株一丛，丛距 25cm 行距 30cm。

种植方法：用钢钉线卡固定，也可用藤本植物固定。





图 8 崖壁选择和崖壁附生种植

2) 活树附生栽培技术

林分选择： 选择择立木胸径 5cm 以上，郁闭度 50%，周边水源充足的林地和果园。

注意：栽培环境要求温暖、湿润、通风、透气的环境，其中光照与温度为最主要的环境因素。宜选择树干大小适中、树皮不会自然掉皮，易管理的树为铁皮石斛生长的附主，如梨树、松树、杉木、核桃、板栗等树种，不要选择桦木、椿树等会自然掉皮的树。

林地清理：清除林下灌木杂草、枯枝落叶。

种植季节：于 3 月下旬~5 月中旬。

种植密度：丛距 10cm，层距 30cm。

种植方式：选择 1-2 年生铁皮石斛种苗，同一层次的每丛苗的根茎处在同一水平面上，用无纺布或稻草从根茎处自上而下螺旋捆绑。

注意事项：捆绑时，只可绑其靠近茎基的根系，露出茎基，以利于发芽，但也不能太靠下，否则影响植株固定与直立，甚至影响生长。

栽后管理：春、夏、秋的晴天种植后每天喷雾 1-2h，保持树皮湿润，冬天基本不浇水，基本不需要施肥用药。

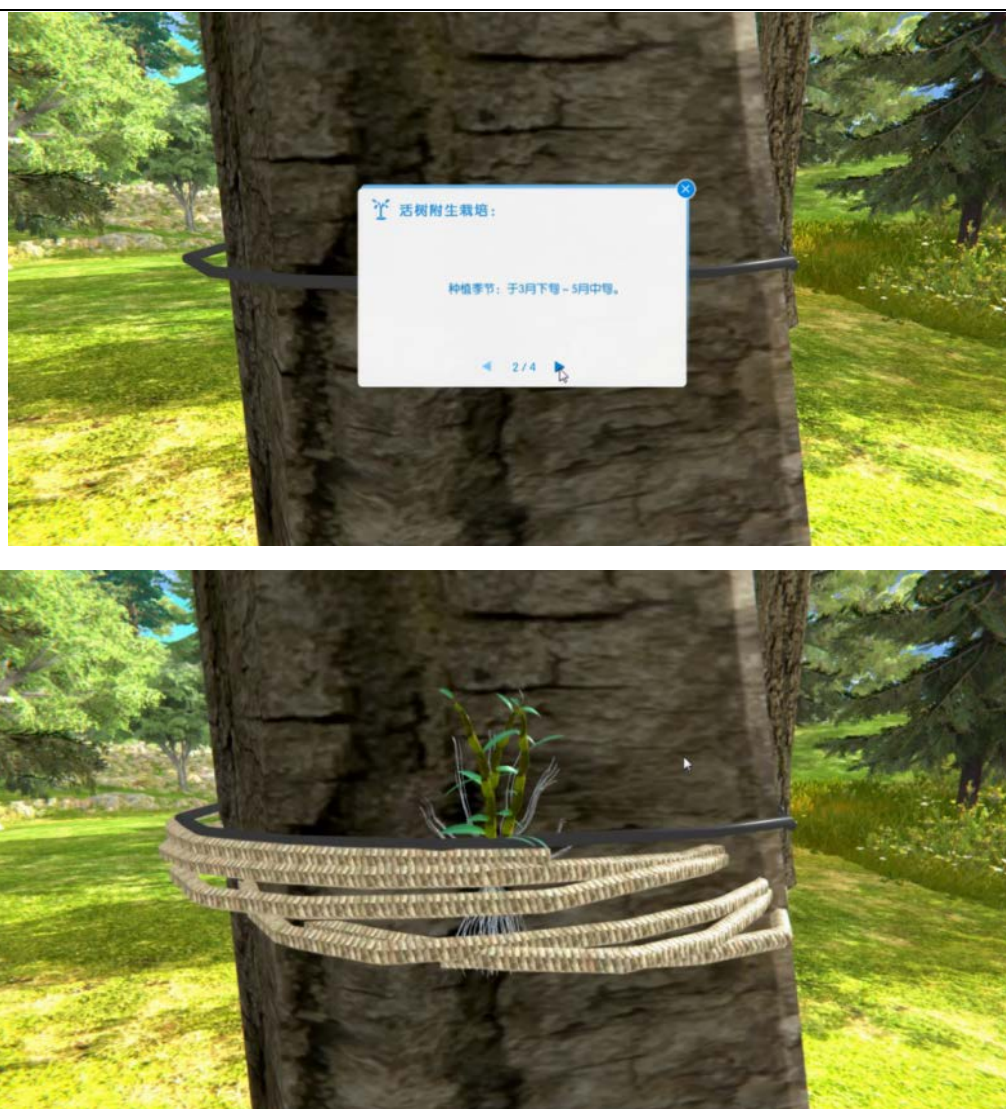


图 9 活树附生栽培

(2) 铁皮石斛主要病虫害的防治

1) 主要病害及其防治:

白绢病

白绢病发生时，在栽培床表面可见绢状菌丝及中心部位形成褐色菜籽样菌核。该病可导致石斛基部腐烂并向茎、叶扩展，形成毁灭性危害。发现病株立即拔除烧毁，并用生石灰粉处理病穴，或用 5%井冈·嘧苷素每亩 400-500 克，喷施 2-3 次。苯醚甲环唑·嘧菌酯 1500 倍，喷施 2-3 次。

白粉病

白粉病在大田栽培时发生较多，一般加强通风可以减轻，选用 25%粉锈宁可湿性粉剂 1000~1500 倍液喷施 2 次~3 次，或用枯草芽孢杆菌喷施 2-3 次。



图 10 病害防治

2) 铁皮石斛的主要虫害及其防治

斜纹夜蛾

7月~10月为幼虫高发期，主要为害叶片和嫩芽。防治方法主要有：1、利用杀虫灯、性诱剂等诱杀害虫；2、及时摘除卵块或初孵幼虫群集的"纱窗叶"；3、在幼虫低龄期选用高效低毒低残留农药进行喷雾防治，药剂可选用5%氯虫苯甲酰胺，每亩用量45-54克。斜纹夜蛾核型多角体病毒，每克10亿PIB，每亩用量45-50克，或球孢白僵菌，每克400亿个孢子，每亩用量25-30克。

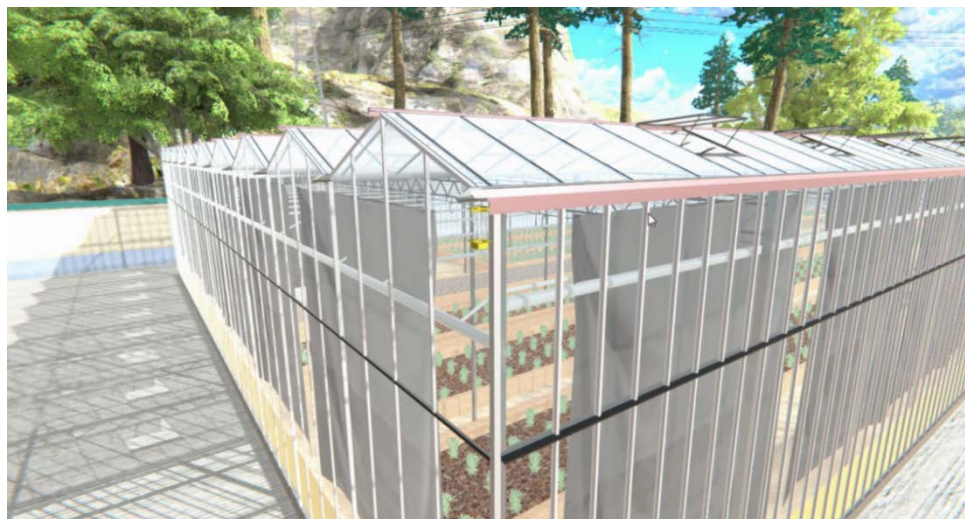


图 11 斜纹夜蛾杀虫灯和纱窗叶防治

软体动物

蜗牛和蛞蝓在整个生长期都可危害，常咬食嫩叶。一般白天潜伏阴处，夜间爬出活动危害，雨天危害较重，防治方法主要有：1、用菜叶或青草药饵诱杀。

即用 50% 辛硫磷乳油 0.5kg 加鲜草 50kg 拌湿，于傍晚撒在田间诱杀；2、在畦四周撒石灰或菜籽饼粉，防止蜗牛和蛴螬爬入畦内危害。



图 12 软体动物防治

3.铁皮石斛多糖含量测定（10 步交互操作）

（1）铁皮石斛材料处理

采集 3 个不同生境的铁皮石斛，采集的样品茎叶分离，将茎 80 °C 烘至恒重，粉碎，过 60 目筛，干燥器储存待用。

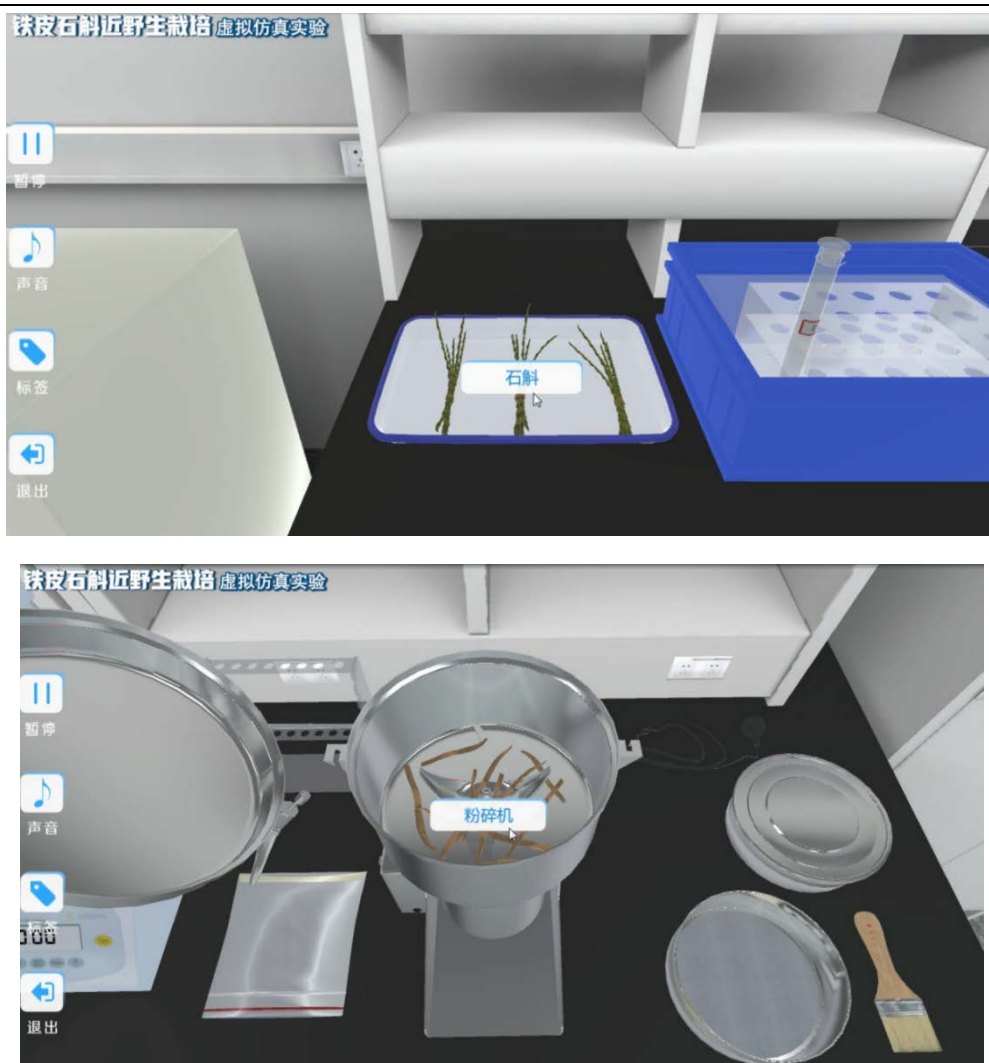


图 13 材料处理

(2) 多糖的提取和测定

1) 供试品溶液制备

精密称取样品 0.3 g，加水 200 ml，水浴回流 2.5 h，过滤，定容至 250 ml，摇匀，精密吸取溶液 5 ml 于 50 ml 离心管中，加无水乙醇 25 ml，摇匀，4 °C 冷藏 1 h，4000 r/min 离心 20 min，弃上清液，往沉淀加入 80%乙醇 20 ml 离心（同上），重复两次，倒掉上清液，加热水溶解定容至 50ml。

2) 对照品溶液制备

精密称取干燥至恒重的 D-无水葡萄糖对照品 10.0 mg 于 100 ml 容量瓶中，加蒸馏水定容至刻度，配制成 0.1 mg/ml 的对照品溶液，至冰箱中备用。

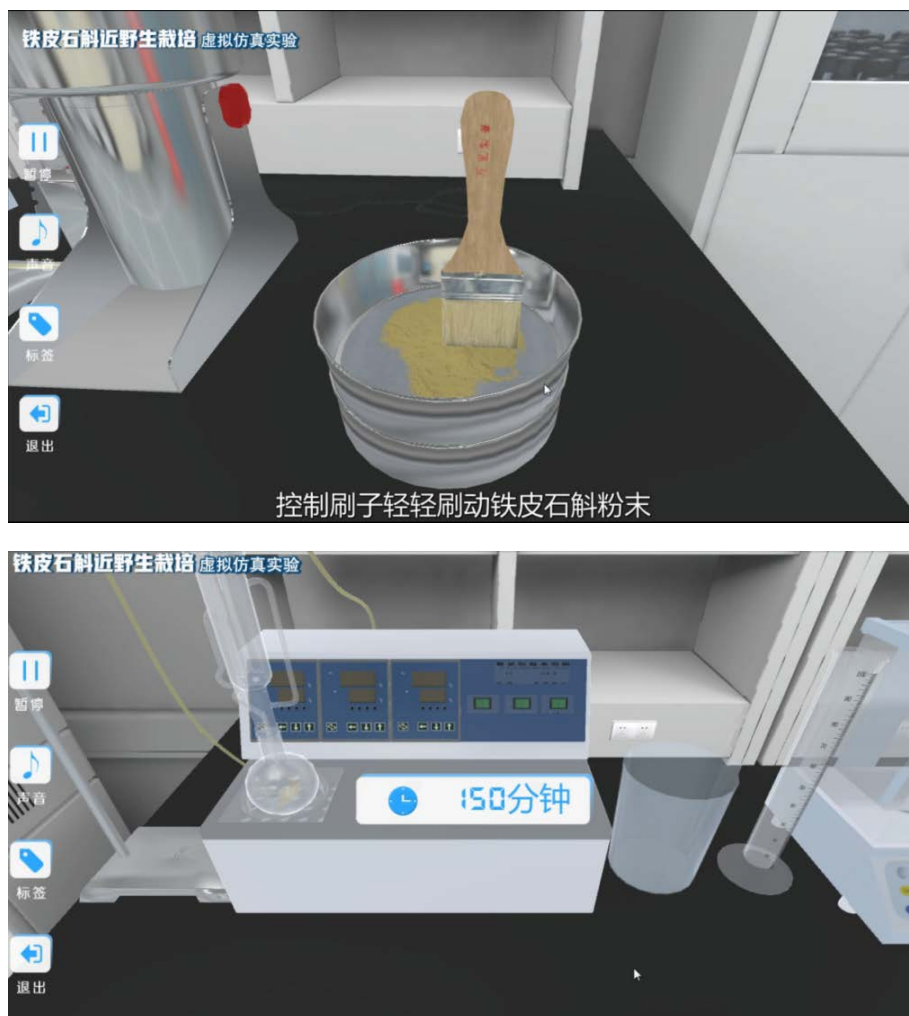


图 14 铁皮石斛多糖提取

3) 标准曲线的制备

精密吸取对照品溶液 0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 ml 分别置于 20 ml 具塞试管中，各加蒸馏水补足至 1 ml，精密加入 5% 苯酚溶液 1 ml（临用配制），摇匀，再精密加浓硫酸 5 ml，摇匀，沸水浴加热 20 min，取出，迅速冷却至室温。另以 1 ml 蒸馏水为空白，用紫外分光光度计于 488 nm 处测定吸光度值。以吸光度值为纵坐标，浓度为横坐标，绘制标准曲线。得出总多糖的标准曲线方程为： $y = 6.1395x + 0.047$, $R^2 = 0.9990$ (n=6) 线性范围为 0.01~0.1 mg。

4) 样品含量测定

精密吸取供试品溶液 1 ml 至 20 ml 具塞试管中，按标准曲线项下方法，自“精密加入 5% 苯酚溶液 1 ml 起”依照方法测定吸光度值，计算其含量。

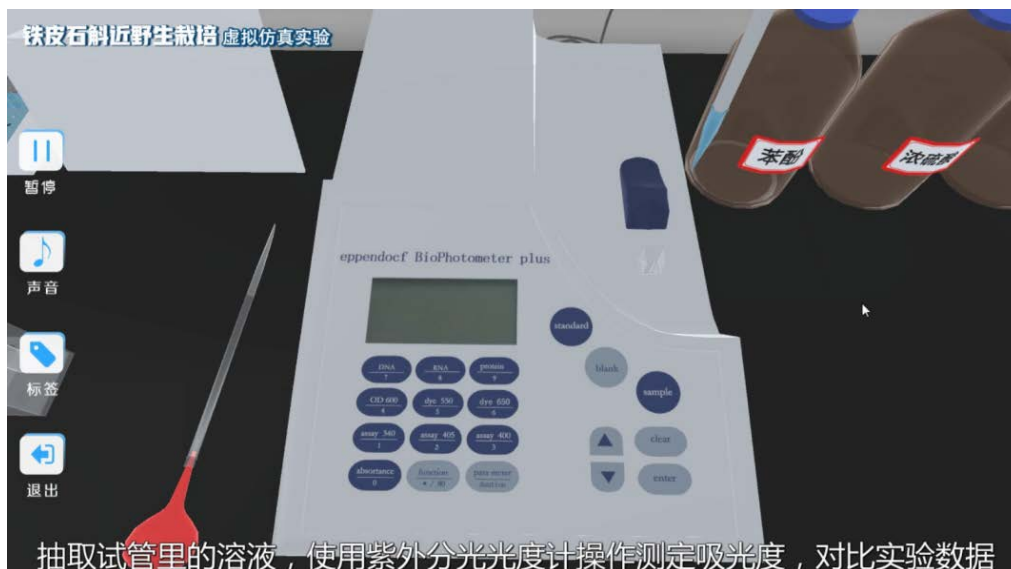


图 15 铁皮石斛多糖含量测定

5) 计算

计算公式：
$$X = \frac{C \times V}{W} \times 100$$

式中：X-样品中粗多糖含量%

C-标准曲线查得样品中葡萄糖的含量 mg/mL

V-样品溶液定容体积 mL

W-样品重量 mg

4. 学生在线考核

学生实验考核将由虚拟实验完整操作、实验报告和学生的心得体会等三方面综合评定。学生通过虚拟实验学习平台完成实验后，系统会记录完整操作虚拟实验操作次数，在线上交实验报告，并将实验过程中心得体会和对虚拟仿真实验项目的建议。教师登录平台后可对学生的虚拟实验操作、实验结果、实验报告和心得体会进行评价，最终给出实验成绩，完成在线考核。



图 16 在线考核

2-8 实验结果与结论要求

(1) 是否记录每步实验结果：■是 □否

学生通过账号登录平台，通过 3D 仿真技术独立开展虚拟实仿真验操作，利用后台模块化模型的搭建和链接，实现数据仿真。操作中设有人机互动环节，后台实时监控用户操作，连续提示 3 次系统自动断开并记录后台，学生完成虚拟仿真实验后，自动提交实验结果，通过系统平台自动评分。

(2) 实验结果与结论要求：■实验报告 ■心得体会 其他_____

学生完成实验后，根据结果完成实验报告，并写出自己对虚拟仿真实验操作和结果的心得体会、建议和意见，以进一步完善实验内容，帮助学生掌握该综合实验的知识点，提升学生的综合素养。

具体的实验结果如下：

1. 铁皮石斛种苗繁育

(1) 培养基制备

1) 母液配制

大量元素母液（10×），微量元素母液（100×），有机成分母液（100×），按照用量分别称取所用试剂，用蒸馏水分别溶解逐个加入，大量元素母液配制过程中注意 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^- 错开，以免产生沉淀。

铁盐母液（100×），即称取 2.78g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 和 3.73 克 Na-EDTA 溶于 1000 毫升的蒸馏水中。

植物生长调节剂均配成 1mg/ml 的母液：

6-BA:称取 6-BA 100mg，用少量 1N 盐酸溶解，加蒸馏水定容到 100ml。

NAA：称取 NAA 100mg，用少量 95%酒精溶解，再加蒸馏水定容到 100ml。

IBA：称取 IBA100mg，用少量 95%酒精溶解，再加蒸馏水定容到 100ml。

2) 培养基配制：按照母液计算公式“母液吸取量=需配培养基体积（ml）/称量扩大的倍数”，计算配制 1L 培养基所需的母液，大量元素(10×) 100ml，微量元素（100×）10ml，有机物（100×）10ml，铁盐（100×）10ml，培养基所需 6-BA、NAA 和 IBA 的量。

按照培养基配方分别吸取各种母液，用蒸馏水定容到 1L，直接加入 30g 蔗糖和 7.8g 琼脂，用 1mol/L HCl 和 1mol/L NaOH 调节 pH5.8 - 6.0，微波炉加热至琼脂完全溶化，搅匀，分装于组培瓶，于全自动高压灭菌锅 121℃灭菌 18min 后，储存备用。

(2) 铁皮石斛组织培养快速繁殖体系

选择无病、生长健壮铁皮石斛茎段作为外植体，洗洁精溶液浸泡、流水冲洗，于超净工作台 2.5%次氯酸钠消毒 10min~20min，无菌水冲洗 3-5 次。接种于愈伤组织诱导和芽分化培养基上进行培养 25±2℃条件下培养，4 周后在茎段切口处形成愈伤组织，或者从腋芽部位分化出不定芽。

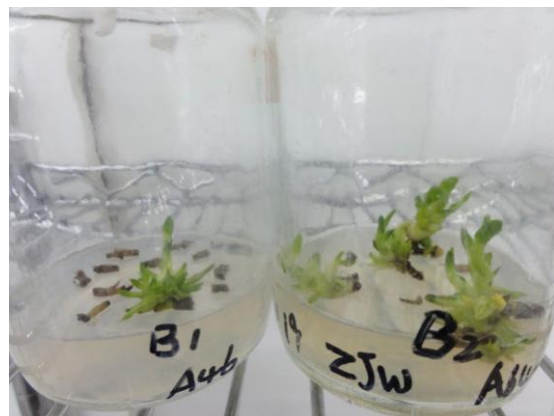
愈伤组织培养接种到不定芽分化培养基上培养，愈伤组织分化出不定芽，不定芽在芽增殖培养基中培养 2 月后长成大苗；将不定芽接种到生根培养基中，基部开始生根并不断生长



铁皮石斛盆栽



铁皮石斛茎段



愈伤组织和不定芽培养



芽增殖和生根培养



铁皮石斛大苗

图 17 外植体选择和茎段培养

(3) 实验过程中会出现不同的实验结果：

1) 外植体消毒：

A、外植体彻底消毒（15min）：2 周后观察外植体正常生长。

B、外植体消毒不彻底（10min）：培养后的 1 周左右部分外植体长菌（细菌或霉菌）。

C、外植体消毒时间过长（20min）：培养后 3 周后外植体直接褐化死亡。

注意：

外植体消毒实验中如果出现②或③的现象，则需要重新选择外植体进行清洗、消毒和接种。

2) 愈伤组织和不定芽诱导：

生长素与细胞分裂素的比值是根和芽形成的控制条件，决定着发育的方向：是愈伤组织、长根还是长芽。

生长素/细胞分裂素	高	利于根的形成
	适中	利于愈伤组织的形成
	低	利于芽的形成

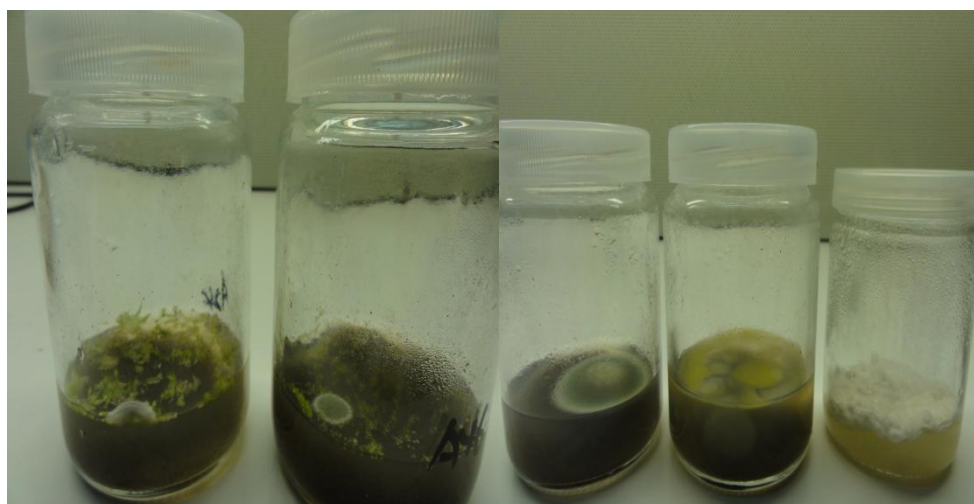
3) 植物组织培养过程中常会出现污染问题

染污来源： 材料表面消毒不彻底，植物的内生菌，无菌操作过程中有外界环境进入培养容器造成，污染的途径多种多样，菌类有真菌、细菌。主要原因是：初次外植体、培养基和接种工具的消毒不彻底；接种室和超净工作台不符合要求；

操作不规范、培养环境空气不洁净。



细菌类污染



真菌类污染



螨虫引起的真菌危害

图 18 植物组织培养过程中的污染现象

(4) 铁皮石斛试管苗驯化和移栽

将铁皮石斛试管苗移到驯化室，拧开瓶盖，驯化 1 周或更长时间，以便试管苗逐渐适应外界环境；小心取出铁皮石斛试管苗，清洗干净基部培养基，用 800-1000×多菌灵浸泡根部 20-30min，待根试管苗根泛白时移栽。

于每年的春秋两季，松树皮为栽培基质，将驯化后根部泛白的铁皮石斛苗以 3-5 株/丛，栽种到基质中，注意保湿和通风透气，避免阳光直射，待新叶长出后，进行常规栽后管理。



试管苗驯化、拔苗和洗苗



图 19 铁皮石斛试管苗移栽

(5) 铁皮石斛主要病虫害的防治

铁皮石斛病虫害防治的基本原则是：有机、无毒无污染。

1) 铁皮石斛主要病害及其防治

白绢病

白绢病发生时，在栽培床表面可见绢状菌丝及中心部位形成褐色菜籽样菌核。该病可导致石斛基部腐烂并向茎、叶扩展，形成毁灭性危害。发现病株立即拔除烧毁，并用生石灰粉处理病穴，或用 5%井冈·咪唑素每亩 400-500 克，喷施

2-3 次。苯醚甲环唑·嘧菌酯 1500 倍，喷施 2-3 次。

白粉病

白粉病在大田栽培时发生较多，一般加强通风可以减轻，选用 25%粉锈宁可湿性粉剂 1000~1500 倍液喷施 2 次~3 次，或用枯草芽孢杆菌喷施 2-3 次。



图 21 铁皮石斛病害

2) 铁皮石斛的主要虫害及其防治

斜纹夜蛾

7 月~10 月为幼虫高发期，主要为害叶片和嫩芽。防治方法主要有：1、利用杀虫灯、性诱剂等诱杀害虫；2、及时摘除卵块或初孵幼虫群集的"纱窗叶"；3、在幼虫低龄期选用高效低毒低残留农药进行喷雾防治，药剂可选用 5%氯虫苯甲酰胺，每亩用量 45-54 克。斜纹夜蛾核型多角体病毒，每克 10 亿 PIB，每亩用量 45-50 克，或球孢白僵菌，每克 400 亿个孢子，每亩用量 25-30 克。



图 22 斜纹夜蛾幼虫和成虫

软体动物

蜗牛和蛞蝓在整个生长期都可危害，常咬食嫩叶。一般白天潜伏阴处，夜间爬出活动危害，雨天危害较重，防治方法主要有：1、用菜叶或青草毒饵诱杀。

即用 50%辛硫磷乳油 0.5kg 加鲜草 50kg 拌湿，于傍晚撒在田间诱杀；2、在畦四周撒石灰或菜籽饼粉，防止蜗牛和蛭螭爬入畦内危害。



图 23 蜗牛和蛭螭

2. 铁皮石斛近野生栽培技术

(1) 铁皮石斛近野生栽培技术

1) 崖壁附生栽培模式

宜选择 80-90 度的岩壁，近垂直、非正朝西、雨后没有流水的丹霞质地岩壁进行岩壁附生栽培。操作人员穿上安全服，戴上安全帽，系好安全绳，清除崖面杂草和腐殖质，选择耐抗冻强的 1.5-2 年生种苗，于每年 3-5 月按 3~5 株/丛，丛距 25cm 行距 30cm，用钢钉线卡固定，也可用藤本植物固定。



崖壁选择

崖壁种植

崖壁种植苗

图 20 崖壁栽培模式

2) 活树附生栽培模式

选择择立木胸径 5cm 以上，郁闭度 50%，周边水源充足的林地和果园。清除林下灌木杂草、枯枝落叶，于 3 月下旬~5 月中旬，选择 1.5-2 年生铁皮石斛种苗，按丛距 10cm，层距 30cm 种植，同一层次的每丛苗的根茎处在同一水平面上，用无纺布或稻草从根茎处自上而下螺旋捆绑。

注意事项：捆绑时，只可绑其靠近茎基的根系，露出茎基，以利于发芽，但也不能太靠下，否则影响植株固定与直立，甚至影响生长。

栽后管理：春、夏、秋的晴天种植后每天喷雾 1-2h，保持树皮湿润，冬天基本不浇水，基本不需要施肥用药。



种苗选择

活树种植

活树附生



活树附生

图 21 活树附生栽培模式

3.铁皮石斛多糖含量测定

(1) 标准曲线的制备

精密吸取对照品溶液 0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 ml 分别置于 20 ml 具塞试管中，各加蒸馏水补足至 1 ml，精密加入 5% 苯酚溶液 1 ml（临用配制），摇匀，再精密加浓硫酸 5 ml，摇匀，沸水浴加热 20 min，取出，迅速冷却至室温。另以 1 ml 蒸馏水为空白，用紫外分光光度计于 488 nm 处测定吸光度值。以吸光度值为纵坐标，浓度为横坐标，绘制标准曲线。

总多糖的标准曲线方程为： $y = 6.1395x + 0.047$ ， $R^2 = 0.9990$ （ $n=6$ ）线性范围为 0.01~0.1 mg。

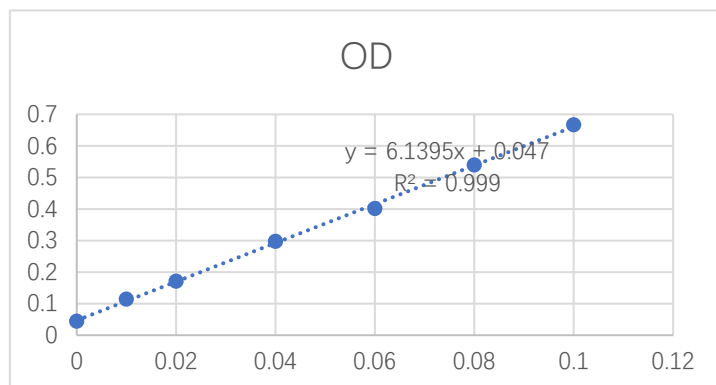


图 24 总多糖标准曲线

(2) 2.样品多糖含量计算

根据紫外分光光度计测得三种栽培模式下的铁皮石斛茎段样品在 488 nm 时的 OD 值分别见下表：

根据计算公式 $X = \frac{C \times V}{W} \times 100$ (式中：X-样品中粗多糖含量%；C-标准曲线查得样品中葡萄糖的含量 mg/mL；V-样品溶液定容体积 mL；W-样品重量 mg)

表 1 三个样品的多糖含量测定数据

	OD 值	C 浓度 (mg/ml)	含量 mg/g	含量 g/g	百分含量 (%)
C15 崖壁	0.3833	0.054776448	456.4703966	0.456470397	45.65
	0.3949	0.056665852	472.2154356	0.472215436	47.22
	0.3921	0.056209789	468.4149089	0.468414909	46.84
平均值	0.3901	0.05588403	465.700247	0.465700247	46.57
C15 树	0.3444	0.048440427	403.6702229	0.403670223	40.37
	0.33	0.046094959	384.1246573	0.384124657	38.41
	0.3538	0.049971496	416.4291338	0.416429134	41.64
平均值	0.3427	0.048168961	401.4080046	0.401408005	40.14
C15 棚	0.2787	0.03773923	314.4935798	0.31449358	31.45
	0.2666	0.035768385	298.0698754	0.298069875	29.81
	0.2686	0.036094144	300.7845373	0.300784537	30.08
平均值	0.2713	0.03653392	304.4493308	0.304449331	30.44

2-9 考核要求

实验考核成绩将由以下虚拟实验实验操作、实验报告和学生心得体会、建议和意见三方面综合评定。

1.虚拟实验完整操作 2 次以上（10%）

学生通过虚拟实验学习平台登录后，系统会记录完整操作虚拟实验次数，操作达 2 次以上者可得分。

2.虚拟实验操作 40%（系统自动生成），实验报告（40%）

在实验操作过程中，学生通过实验设计，独立动手操作，获得实验结果，分析撰写并提交实验报告。

3.学生心得体会、建议和意见（10%）

学生完成实验后，写出自己实验的心得体会、建议和意见，以进一步完善实验内容，帮助学生掌握该综合实验的知识点，提升学生的综合素养。

教师登录平台后可对学生的虚拟实验操作和结果进行评价，及时反馈学生的考核信息。

2-10 面向学生要求

1. 专业与年级要求

大学一年级到四年级的林学、中药学、生物技术、生物科学、生物制药、农学、园艺等相关专业的本科生，林木遗传育种、森林培育、园林植物和观赏园艺、遗传学等相关专业的硕士研究生。

2. 基本知识和能力要求等

实验前，要求学生已学过植物学、植物育种学、植物生理学、药用植物栽培学、植物组织培养实验、植物细胞工程、天然产物分析等专业课程相关的基础知识；实验前要求独立自主预习和学习相关实验原理和操作步骤，并且还具有常规仪器和大型仪器设备的操作能力，同时还具有熟练操作电脑和相关软件的能力。

2-11 实验项目应用情况

(1) 上线时间： 2017

(2) 开放时间： 2017-10

(3) 已服务过的学生人数： 252

是否面向社会提供服务： ☒是 ☐否

3.实验教学项目相关网络要求描述

3-1 有效链接网址

<http://zafu.owvlab.net/virexp/2c918084659d8c1c0165a30f175110ce>

3-2 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

经测试客户端到服务器的带宽要求为 10M 及以上。本次带宽初步测试基于主流计算机配置，模拟真实网络学习环境，最大限度的还原用户上网学习虚拟仿真实验项目的需求。测试一：物理连接链路测试，测试方法：本端与连入 internet 上的本次虚拟仿真实验项目网站进行 PING 操作，测试目的：测试虚拟仿真实验项目网站间的延迟情况和丢包情况；测试二：测试线路带宽质量，测试目的：测试不同 ip 访问本虚拟仿真实验页面的加载情况，测试方法：通过 IP 代理，记录电脑端不同地域 IP 打开虚拟仿真实验项目网页的速度。

测试结果现总结如下：

当客户端到服务器带宽小于 10M 的时候，ping 主流网站的延时值都非常的高，丢包情况也很严重，基本上保持在 50ms 以上甚至更高，丢包率也基本大于 5%；

当客户端到服务器带宽小于 10M 的时候，在不同 IP 对本虚拟仿真实验网页打开的随机测试中，网页打开速度很慢，尤其是是三维模型的加载卡顿现象非常严重，打开测试不理想。所以建议用户端到服务器的带宽要求为 10M 及以上。

(2) 说明能够提供的并发响应数量（需提供在线排队提示服务）

本虚拟仿真实验项目的服务器能够提供的并发响应的最佳数量为 500 人。我们通过对经过测试，模拟用户在数据量为 5000、10000 的情况下，每分钟增加用户数 100 个进行循环递增，最终测试用户达到 10000 的在线访问量，进行多次连续测试，完成系统大数据量测试目标

在测试环境中，模拟真实使用环境的压力负载，重现缺陷发生状态，并监控的客户端和服务端性能指标。

经过以上测试，当用户数在 500 以下时，各项业务操作均能流畅进行；当用户数上升至 2000 时，在线虚拟实验操作的实验模块下载会出现卡顿现象，其它

业务操作能够顺利进行；当用户数上升至 5000 人以上时，业务操作出现假死现象。

据本次性能测试的结果，当用户数 2000 以下，并发进行业务操作时，基本能够维持平台的正常运行；当用户数超过 5000 时，服务器的 CPU 占用持续达到 100%，并出现假死现象，系统不能够正常运行。

因此经测试该项目支持 500 个学生同时在线并发访问和请求，如果单个实验被占用，则提示后面进行在线等待，等待前面一个预约实验结束后，进入下一个预约队列。

3-3 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

（1） 计算机操作系统和版本要求

Windows 操作系统： windows7 64 位、win8 64 位及以上版本操作系统

（2） 其他计算终端操作系统和版本要求

微软 Surface 平板：要求操作系统 win7 32 位以上操作系统

小米系列和昂达系统平板：要求 win8.1 操作系统

（3） 支持移动端： ☒是 ☐否

3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）

（1） 需要特定插件 ☐是 ☒否

（勾选是请填写） 插件名称_____插件容量_____

下载链接_____

（2） 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

（1） 计算机硬件配置要求

CPU 要求：建议采用 intel 酷睿 i3 2.6 赫兹及以上 CPU

内存要求：DDR3 4GB 以上内存

显存要求：1GB 以上显存

存储容量要求：系统盘可用空间 10GB 及以上

（2） 其它计算终端硬件配置要求

微软 Surface 平板：CPU intel 凌动 z8700 及以上，4GB 运行内存及以上，2G 以上硬盘空余存储空间

小米系列和昂达系统平板：CPU intel 凌动 z8500 及以上，2GB 运行内存及以上，2GB 以上硬盘空余存储空间

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

（1）计算机特殊外置硬件要求

无

（3）其他计算终端特殊外置硬件要求

无

4.实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
系统架构图及简要说明	本项目的教学资源可实现对相关实验课程面向国内各大院校开展必修课或选修课的虚拟仿真实验教学，以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为依托，采用面向服务的软件架构开发具有自主知识产权，集实物仿真、场景虚拟、创新设计、智能指导、虚拟实验结果自动批改和教学管理于一体，具有良好自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验项目，同时为其它学科的相关实验课程提供互联的标准接口，底层的构件库，并为上层的调用提供标准化的调用接口，为用户提供统一的访问接入服务和通用的用户服务工具包。 系统总体架构图如下： The diagram illustrates a multi-layered system architecture. At the top, five user roles (School Leader, Teaching Staff, Teacher, On/Off-campus Students, Off-campus Users) interact with the 应用层 (Application Layer), which contains the 虚拟仿真实验 (Virtual Simulation Experiment). This layer connects to the 仿真层 (Simulation Layer), which is divided into three functional areas: 可视化 (Visualization) with virtual instruments and graphics; 建模与装配 (Modeling and Assembly) with scene, component, and assembly construction; and 仿真分析器 (Simulation Analyzer). The 仿真层 interacts with the 服务层 (Service Layer), which houses the 开放式虚拟仿真实验教学管理平台 (Open-source Virtual Simulation Experiment Teaching Management Platform). This platform includes modules for experimental teaching management, resource management, theoretical knowledge learning, intelligent guidance, effect evaluation, automatic grading, report management, teacher-student interaction, and integration tools. The 服务层 is supported by the 支持层 (Support Layer), which encompasses 安全管理 (Security Management), 服务容器 (Service Container), 数据管理 (Data Management), and 域管理 (Domain Management), each with specific sub-functions like authentication, deployment, monitoring, and data access. Finally, the 支持层 connects to the 数据中心 (Data Center), which stores critical information including user data, course libraries, experiment libraries, model libraries, rule sets, answer keys, and experimental data.

指标	内容	
实验教 学项目	开发技术（如： 3D 仿真、VR 技术、AR 技 术、动画技术、 WebGL 技术、 OpenGL 技术 等）	3D 仿真：此虚拟仿真实验涉及的室内外环境、仪器设备、人员、医药产品等采用 ZBrush 进行基础模型。ZBrush 相对于传统的 Maya 软件在细节雕刻上更胜一筹，可以根据需要进行材质、光照等的渲染，增加体验感。同时应用 ZBrush 制作出的产品在运行时更加流畅，符合对于网速的要求。基础模型制作好后导入 3Ds MAX 进行修整、合并、优化。3Ds MAX 是基于 PC 系统的三维动画制作和渲染软件，价格低廉，操作简单，可降低制作成本。3Ds MAX 优化后的结果通过 3d-coat 软件进行贴图，将虚拟实验涉及的真实图片进行粘贴。3D-Coat 将真实图片通过法线、置换等方式输出更符合实际颜色、质感的三维图像。最后通过 UNITY3D 软件对于将前期的内容进行整合。虚拟实验用到的音频和视频素材采用 AE 软件进行编辑和剪辑，然后也导入 unity3d 中整合。最后通过 C# 语言编写程序实现 3D 交互步骤，实现视角控制，灯光控制，人物行走控制以及最终的程序界面设计等
	开发工具（如： VIVE WAVE、 Daydream 、 Unity3d 、 Virtools 、 Cult3D、Visual Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等）	Unity3d5.3 版本
	项目品质（如：	单场景总面数不超过 40 万面，贴图分辨率 512*512，

指标	内容	
	单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等)	每帧渲染次数 24 分辨率：1920*1080，显示刷新率 60 赫兹
管理平台	开发语言（如：JAVA、.Net、PHP 等）	C#语言
	开发工具（如：Eclipse、Visual Studio、NetBeans、百度 VR 课堂 SDK 等）	Visual Studio
	采用的数据库（如：HBASE、Mysql、SQL Server、Oracle 等）	Mysql5.01 版本

5.实验教学项目特色

本项目立足于国家级特色专业与卓越农林培养计划，着眼于培养创新型林学人才，构建“珍稀濒危植物铁皮石斛近野生栽培”模拟实验平台，全面推进虚拟实验教学改革，着力提高学生的实践能力和创新能力。

1、必要性与先进性

(1) 必要性：本项目借助虚拟仿真实验技术将科研成果“铁皮石斛良种选育与高效栽培技术研究”应用于实验教学，通过铁皮石斛种苗繁育、崖壁附生和活树附生栽培模型的制作和学习，1) 使学生避免了悬崖峭壁和高大树干上操作的危险性；2) 在短时间内掌握植物组织组织培养的基本理论和规范操作；3) 掌握附生植物种植关键技术；4) 多糖成分测定的原理、方法和技术；进而全面掌握铁皮石斛近野生栽培的关键技术，解决了适栽条件苛刻、操作安全性、种苗不可逆、周期长的缺点，进一步将现代林学基础知识、专业知识与产业实践关键技术相结合，培养学生自主学习和创新能力，不断提升学生的综合素质和研究能力，更好地服务于地方产业需求。

(2) 先进性：

1) 技术成果先进性

本项目依托省部共建亚热带森林培育国家重点实验室、国家科技特派员铁皮石斛创业链、国家林业局铁皮石斛工程技术研究中心、国家中医药管理局铁皮石斛品种选育与生态栽培重点研究室等国家级和省级平台，以铁皮石斛品种选育与高效栽培”两项省部级一等奖成果为基础，利用虚拟仿真技术以“种苗繁育—近野生栽培—质量评价”等现代林业产业化关键技术环节为主线，建立虚实结合的新颖的教学模式，构建构建“珍稀濒危植物铁皮石斛近野生栽培”虚拟仿真实验教学平台，传授国际领先的学科前沿理论、方法和技术，使学生从中获得启发，进而培养学生的自主学习和创新能力，掌握现代林业产业关键环节的知识与技术，又避免野外操作的危险性，克服种苗生长周期长，弥补实践教学时间的不足。

2) 先进的教学方法

在实验教学过程中采用问题式教学、讨论式教学、沉浸式教学和开放自主实验教学相结合等先进的实验教学方法，使学生通过虚拟仿真实验教学系统掌

握铁皮石斛种苗繁育、崖壁附生、活树附生和分析测试相关的知识点和实验操作从根本上避免了学生实验操作的危险性和周期长的限制，显著提升学生的实践与创新能力。

3) 虚拟仿真实验教学技术先进性

虚拟仿真实验教学技术是以逼真、立体的表现形式让抽象的实验过程形象逼真演示出来，提升教学效果；可借助对多媒体（音频、视频和图像）技术、虚拟仿真技术、传感技术、输入技术构建了一种高度虚拟现实仿真的实验教学环境，使学习者体验置身其中的感觉，能够实现互动实验教学，能最大限度地激发学生的自主实验兴趣，有肯于发展学生的构建思维，具有独特的实验教学的实践作用；虚拟仿真实验技术突破了实验教学对客观条件的依赖性，满足实际的课堂教学需要，且无器材损耗，和实验室零距离，随时随地都可进行实验，逐步成为老师得力的实验教学工作。

2.教学方式与方法

本项目利用虚拟仿真实验技术的优势，综合问题式教学方法，讨论式教学方法、虚拟仿真沉浸式教学和开放自主式的教学模式应用于实验教学中，将铁皮石斛近野生栽培过程中的种苗繁育、崖壁附生、活树附生和分析测试等重要操作技术环节利用虚拟仿真技术互动模式，虚实结合，有效推进了线上线下新型教学模式的应用。

珍稀濒危植物铁皮石斛近野生栽培虚拟仿真实验平台以“开放、共建、共享”的方式，面向相关企业、研究院所及区内外兄弟院校开放，实现教学资源共享，将成为浙江省多所高校，尤其涉及中药、植物类相关专业学生的虚拟实验和实训基地。

3.评价体系及对传统教学的延伸

实验内容以“种苗繁育—近野生栽培—分析测试”为主线，仿真软件涉及生长仿真、设备仿真、工艺仿真、操作仿真、在线考核，形成了系统化知识体系，并以实景操作、故障排除、在线考核、师生互动等新颖的教学模式切实提高教学效果，通过持续改进构建有专业特色的虚拟仿真模块。

实验考核将由虚拟实验操作、实验报告和学生心得体会、意见建议等方面综合评定。虚拟仿真实验平台数据库可实现虚拟实验过程的实时记录、过程评

价、信息反馈、结果保存、提交报告等。同时教师登录平台后可对学生做的虚拟实验进行评价，及时反馈学生的考核信息。

将传统的“科研反哺教学”提高学生创新精神的方法升级至利用虚拟仿真模式扩大普惠面。将更先进更前沿的科学知识和理念反映到课堂教学之中、可直接提高人才培养质量，科研还能通过间接的方式反哺教学。我们将科研成果“铁皮石斛崖壁附生和树干附生的栽培模式”的理论和方法技术带到课堂中，使学生从中获得启发，进而培养学生的自主学习和创新能力，不断提升学生的综合素质和研究能力，更好地服务于地方产业需求。

6.实验教学项目持续建设服务计划

1. 持续建设与更新

今后五年将在本虚拟实验项目（铁皮石斛种苗繁育、近野生栽培和多糖含量测定）的基础上，继续完善该虚拟仿真项目（HPLC 醇溶性成分测定和 GC-MS 挥发性成分测定）的建设，进一步扩展“铁皮石斛内生真菌分离鉴定、减肥增效、促抗逆”相关内容，构建更完整的综合实验体系，有效地提升虚拟仿真教学的效果。

2.面向高校和社会推广的开放持续服务

该虚拟仿真项目在浙江农林大学虚拟仿真实验教学管理平台运行，为校内相关学院、专业的学生提供实验项目服务，在时间空间和内容实现项目开放。

本项目以“开放、共建、共享”的方式，面向兄弟院校及相关企业、研究院所开放，成为林学、中药、植物类相关专业学生和铁皮石斛产业转型升级实训基地，提升校内外学生践行“绿水青山就是金山银山”的综合素养和创新创业能力，更好地服务于地方产业和精准扶贫需求。

项目在认定后一年内面向高校和全社会免费免费开放并提供教学服务，1年后至3年内免费开放服务内容不少于50%，5年后免费开放内容不少于30%。并向全国铁皮石斛产业发展区域辐射推广。5年内至少与20所高校、科研院所和相关企业单位签定“开放、共建、共享”协议，目前已与云南农业大学、鲁东大学、国家林业局铁皮石斛工程技术研究中心、浙江省铁皮石斛产业创新战略联盟、中国森宇集团、杭州震享生物科技有限公司、浙江省林业科学研究院和丽水林科院等单位签定共建共享协议，免费为合作单位提供共享资源。

7.诚信承诺

本人已认真填写并检查以上材料，保证内容真实有效。

实验教学项目负责人（签字）：

年 月 日

8.申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日

9.附件：合作协议

虚拟仿真实验教学资源共享协议书

甲方：浙江农林大学

乙方：鲁东大学

根据浙江农林大学与鲁东大学对口支持合作协议，为加快浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源建设，学习浙江农林大学虚拟仿真实验资源建设经验，达到资源共享的目的，经甲乙双方友好协商，现就鲁东大学共享浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源达成如下协议：

1. 甲方同意将虚拟仿真实验教学资源向鲁东大学免费开放3年。并在开放共享过程中向使用学校师生提供技术保障。
2. 乙方在使用过程中，对存在的问题需提出合理化的建议以书面的形式反馈给甲方。
3. 甲、乙双方每年就虚拟仿真实验教学资源利用、改进及进一步建设进行至少1次教学研讨，以推动虚拟仿真实验教学资源的进一步完善和辐射共享。
4. 协议学校负责对其学生进行网络安全和用网道德规范进行必要的监督和管理。

5. 本协议自签订之日起执行

6. 未尽事宜，双方及时沟通协商解决。

甲方：浙江农林大学

授权代表：

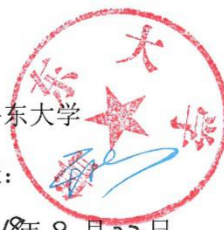
日期：2018年8月22日



乙方：鲁东大学

授权代表：

日期：2018年8月22日



虚拟仿真实验教学资源共享协议书

甲方：浙江农林大学

乙方：云南农业大学

根据浙江农林大学与云南农业大学对口支持合作协议，为加快浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源建设，学习浙江农林大学虚拟仿真实验资源建设经验，达到资源共享的目的，经甲乙双方友好协商，现就云南农业大学共享浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源达成如下协议：

1. 甲方同意将虚拟仿真实验教学资源向云南农业大学免费开放3年。并在开放共享过程中向使用学校师生提供技术保障。

2. 乙方在使用过程中，对存在的问题需提出合理化的建议以书面的形式反馈给甲方。

3. 甲、乙双方每年就虚拟仿真实验教学资源利用、改进及进一步建设进行至少1次教学研讨，以推动虚拟仿真实验教学资源的进一步完善和辐射共享。

4. 协议学校负责对其学生进行网络安全和用网道德规范进行必要的监督和管理。

5. 本协议自签订之日起执行

6. 未尽事宜，双方及时沟通协商解决。

甲方：浙江农林大学

授权代表：

日期：2018年8月24日



乙方：云南农业大学

授权代表：

日期：2018年8月24日



虚拟仿真实验教学资源共享协议书

甲方：浙江农林大学

乙方：浙江省林业科学研究院

根据浙江农林大学与浙江省对口支持合作协议，为加快浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源建设，学习浙江农林大学虚拟仿真实验资源建设经验，达到资源共享的目的，经甲乙双方友好协商，现就浙江省林业科学研究院共享浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源达成如下协议：

1. 甲方同意将虚拟仿真实验教学资源向乙方免费开放3年。并在开放共享过程中向使用学校师生提供技术保障。

2. 乙方在使用过程中，对存在的问题需提出合理化的建议以书面的形式反馈给甲方。

3. 甲、乙双方每年就虚拟仿真实验教学资源利用、改进及进一步建设进行至少1次教学研讨，以推动虚拟仿真实验教学资源的进一步完善和辐射共享。

4. 协议学校负责对其学生进行网络安全和用网道德规范进行必要的监督和管理。

5. 本协议自签订之日起执行。

6. 本协议一式四份，甲乙双方各存两份。未尽事宜，双方及时沟通协商解决。

甲方：浙江农林大学

授权代表：

日期：2018年8月20日

乙方：浙江省林业科学研究院

授权代表：

日期：2018年8月20日

虚拟仿真实验教学资源共享协议书

甲方：浙江农林大学

乙方：丽水市林业科学研究院

根据浙江农林大学与浙江省对口支持合作协议，为加快浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源建设，学习浙江农林大学虚拟仿真实验资源建设经验，达到资源共享的目的，经甲乙双方友好协商，现就丽水市林业科学研究院共享浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源达成如下协议：

1. 甲方同意将虚拟仿真实验教学资源向乙方免费开放3年。并在开放共享过程中向使用学校师生提供技术保障。
2. 乙方在使用过程中，对存在的问题需提出合理化的建议以书面的形式反馈给甲方。
3. 甲、乙双方每年就虚拟仿真实验教学资源利用、改进及进一步建设进行至少1次教学研讨，以推动虚拟仿真实验教学资源的进一步完善和辐射共享。
4. 协议学校负责对其学生进行网络安全和用网道德规范进行必要的监督和管理。

5. 本协议自签订之日起执行

6. 未尽事宜，双方及时沟通协商解决。

甲方：浙江农林大学

授权代表：

日期：2018年8月28日



乙方：丽水市林业科学研究院

授权代表：

日期：2018年8月28日



虚拟仿真实验教学资源共享协议书

甲方：浙江农林大学

乙方：义乌市森宇农业科技有限公司

根据浙江农林大学与义乌市森宇农业科技有限公司对口支持合作协议，为加快浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源建设，学习浙江农林大学虚拟仿真实验资源建设经验，达到资源共享的目的，经甲乙双方友好协商，现就义乌市森宇农业科技有限公司共享浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源达成如下协议：

1. 甲方同意将虚拟仿真实验教学资源向义乌市森宇农业科技有限公司免费开放3年。并在开放共享过程中向使用学校师生提供技术保障。
2. 乙方在使用过程中，对存在的问题需提出合理化的建议以书面的形式反馈给甲方。
3. 甲、乙双方每年就虚拟仿真实验教学资源利用、改进及进一步建设进行至少1次教学研讨，以推动虚拟仿真实验教学资源的进一步完善和辐射共享。
4. 协议学校负责对其学生进行网络安全和用网道德规范进行必要的监督和管理。
5. 本协议自签订之日起执行。
6. 未尽事宜，双方及时沟通协商解决。

甲方：浙江农林大学

授权代表：

日期：2018年8月23日

乙方：

授权代表：

日期：2018年8月23日

虚拟仿真实验教学资源共享协议书

甲方：浙江农林大学

乙方：杭州震亨生物科技有限公司

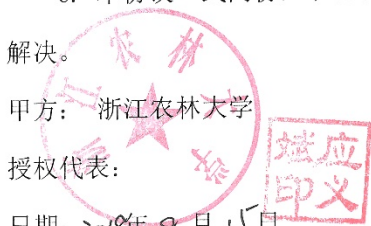
根据浙江农林大学与杭州震亨生物科技有限公司对口支持合作协议，为加快浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源建设，学习浙江农林大学虚拟仿真实验资源建设经验，达到资源共享的目的，经甲乙双方友好协商，现就杭州震亨生物科技有限公司共享浙江农林大学虚拟仿真实验教学资源达成如下协议：

1. 甲方同意将虚拟仿真实验教学资源向乙方免费开放3年。并在开放共享过程中向使用学校师生提供技术保障。
2. 乙方在使用过程中，对存在的问题需提出合理化的建议以书面的形式反馈给甲方。
3. 甲、乙双方每年就虚拟仿真实验教学资源利用、改进及进一步建设进行至少1次教学研讨，以推动虚拟仿真实验教学资源进一步完善和辐射共享。
4. 协议学校负责对其学生进行网络安全和用网道德规范进行必要的监督和管理。
5. 本协议自签订之日起执行
6. 本协议一式两份，甲乙双方各存一份。未尽事宜，双方及时沟通协商解决。

甲方：浙江农林大学

授权代表：

日期：2018年8月15日



乙方：杭州震亨生物科技有限公司

授权代表：

日期：2018年8月15日

