

## 2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	北京林业大学
实 验 教 学 项 目 名 称	林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验
所 属 课 程 名 称	林木遗传育种学
所 属 专 业 代 码	林学（090501）
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	王 君
实 验 教 学 项 目 负 责 人 电 话	13401024121
有 效 链 接 网 址	<a href="http://jwc.bjfu.edu.cn/xnfz/index.html">http://jwc.bjfu.edu.cn/xnfz/index.html</a>

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。

## 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	王君	性别	男	出生年月	1982.8
学历	研究生	学位	博士	电话	
专业技术职务	教授	行政职务		手机	13401024121
院系	生物科学与技术学院			电子邮箱	wangjun@bjfu.edu.cn
地址	北京市海淀区清华东路 35 号， 北京林业大学 118 信箱			邮编	100083
<p><b>教学研究情况：</b>主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项）；获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）。</p> <p><b>1、迄今共主持教学研究课题 3 项。</b></p> <p>（1）林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验，北京林业大学教务处，2018 年度；</p> <p>（2）林木遗传育种学实验教学改革与实践，北京林业大学本科教学改革项目，2016 年度；</p> <p>（3）《林木育种学》微课，北京林业大学本科教学工程项目，2013 年度。</p> <p><b>2、作为第一署名人发表教学研究论文 4 篇。</b></p> <p>（1）<u>王君</u>，胡冬梅，康向阳，杨丽娜.“林木遗传育种学”课程实验教学改革探讨——以北京林业大学林学专业为例. 中国林业教育, 2017, 35(2): 59-63.</p> <p>（2）<u>王君</u>，康向阳，李伟，胡冬梅.“林木育种学”课程实践教学改革的探索——以北京林业大学为例. 中国林业教育, 2015, 33(4): 59-62.</p> <p>（3）<u>王君</u>，胡冬梅，程武，康向阳. 依托国家级科研平台促进林业创新人才培养实践与思考. 中国现代教育装备, 2015, 7: 65-67.</p> <p>（4）<u>王君</u>，胡冬梅，康向阳. 林木育种学实验教学优化与实践. 中国现代教育装备, 2011, 7: 118-120.</p> <p><b>3、获得教学表彰/奖励 4 项。</b></p> <p>（1）入选 2013 年教育部新世纪优秀人才支持计划；</p> <p>（2）入选 2013 年北京高校“青年英才计划”；</p>					

- (3) 2012 年获评“北京市青年岗位能手”称号；  
(4) 获 2013 年获家骥云龙青年教师教学优秀奖。

**学术研究情况：**近五年来承担的学术研究课题（含课题名称、来源、年限、本人所起作用，不超过 5 项）；在国内外公开发行人物上发表的学术论文（含题目、刊物名称、署名次序与时间，不超过 5 项）；获得的学术研究表彰/奖励（含奖项名称、授予单位、署名次序、时间，不超过 5 项）

### 1、承担科研课题 5 项。

- (1) 杨树全同胞异源异倍性群体表型变异及遗传调控机制研究，国家自然科学基金面上项目，2015-2018 年，主持人；  
(2) “三北”地区青杨派树种杂交亲本选配及优势组合多倍体群体构建，高等学校全国优秀博士学位论文作者专项资金项目，2012-2016 年，主持人；  
(3) 青杨品种指纹图谱构建，通辽市林业科学研究院，2013-2015 年，主持人；  
(4) 阔叶树速生丰产林定向培育技术研究，“十二五”国家科技支撑计划项目，2015-2019 年，参加人；  
(5) “三北”地区青杨多倍体种质创新研究与示范，国家林木公益性行业科研专项项目，2014-2017 年，参加人。

### 2、发表学术论文 40 余篇，以下列举代表性论文 5 篇。

- (1) Wanting Liu, Yunfei Zheng, Shaoyu Song, Beibei Huo, Daili Li, Jun Wang\*(王君). In vitro induction of allohexaploid and resulting phenotypic variation in *Populus*. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 2018, 134(2):183–192.  
(2) Jialei Zhu, Ju Tian, Jun Wang\*(王君), Shujing Nie. Variation of traits on seeds and germination derived from the hybridization between section *Tacamahaca* and *Aigeiros* of the genus *Populus*. *Forests*, 2018, 9(9):516.  
(3) Jun Wang\*(王君), Daili Li, Fengnan Shang, Xiangyang Kang. High temperature-induced production of unreduced pollen and its cytological effects in *Populus*. *Scientific Reports*, 2017, 7:5281.  
(4) Jun Wang\*(王君), Beibei Huo, Wanting Liu, Daili Li, Ling Liao. Abnormal meiosis in an intersectional allotriploid of *Populus* and segregation of ploidy levels in  $2x \times 3x$  progeny. *PLoS ONE*, 2017, 12(7):e0181767.  
(5) Ju Tian, Junhao Wang, Fei Dai, Li Dong, Jun Wang\*(王君). Pollen variation as a response to hybridisation in *Populus* L. section *Aigeiros* Duby. *Euphytica*, 2015, 260:433–443.

### 3、获得学术表彰/奖励 5 项。

- (1) 全国百篇优秀博士学位论文奖，中华人民共和国教育部，国务院学位委

员会，2011年，独立；

(2) 北京市科技新星人才培养计划，北京市科委，2014年，独立；

(3) 第七届全国林木遗传育种学术大会优秀论文二等奖，中国林学会林木遗传育种分会，排名第一；

(4) 第五届中国林学会梁希青年论文奖三等奖，国家林业局科学技术委员会，中国林学会，2014，排名第一；

(5) 第六届中国林学会梁希青年论文奖三等奖，中国林学会，梁希科技教育基金委员会，2016，排名第一。

## 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	王君	北京林业大学	教授		总体设计、实验教学大纲编写	
2	康向阳	北京林业大学	教授	实验室主任	良种繁育技术编写指导	
3	孙宇涵	北京林业大学	副教授		示范教学	
4	宋跃朋	北京林业大学	副教授		脚本编写	
5	钮世辉	北京林业大学	副教授		实验内容设计	

### 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
1	杜庆章	北京林业大学	副教授		实验报告管理	
2	胡冬梅	北京林业大学	高级实验师		在线教学服务与答疑	
3	薄文浩	北京林业大学	讲师		在线教学服务与答疑	
4	裴超琦	北京润尼尔网络科技有限公司	工程师	部门经理	软件运行维护负责人	
5	孙悦恭	北京润尼尔网络科技有限公司	工程师	产品专员	系统维护与调试	技术支持
6	文俊彦	北京润尼尔网络科技有限公司	工程师	产品专员	数据采集	技术支持
7	贺峰	北京润尼尔网络科技有限公司	软件工程师		系统维护与调试	
8	张佳欣	北京润尼尔网络科技有限公司	工程师	美工部门经理	教学系统维护	
9	梁凌燕	北京润尼尔网络科技有限公司	建模工程师		系统更新	

项目团队总人数：14（人） 高校人员数量：8（人） 企业人员数量：6（人）

注：1.教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。

2.教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

## 2.实验教学项目描述

### 2-1 名称

林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验

### 2-2 实验目的

“林以种为本，种以质为先”。随着国家对生态环境建设的日益重视，在林业生产中对良种优质苗木的需求也不断增加，实现林木良种优质苗木的规模化生产对于提高林业生产力和生态环境维持具有重要意义。然而，林木良种优质苗木的生产是一项系统工程，由苗圃营建与管理、幼化复壮、多圃配套、圃地轮转等一系列环节组成，整个循环过程需要经历3-5年时间，且操作难度大、成本高、需要大量土地资源。显然，对于林学专业的本科生而言，难以在有限的学习时间和实习条件下完成有关林木良种生产的整个实践内容。

因此，为提升课程学习效果、缩减实践时间、节约实践成本，基于“以问题为导向”、“以学生为中心”的基本教学理念，坚持“能实不虚、以虚补实”的建设思路，紧密结合北京林业大学“林学”双一流学科建设要求和林木种业创新人才培养的宗旨，以毛白杨为代表，着力建设了“林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验”。本虚拟仿真实验开设的主要目的如下：

1、了解无性繁殖对于林木良种优质苗木生产的重要意义，推进无性系林业的发展；

2、明确林木良种无性繁殖方法，掌握基本的无性繁殖技术和操作技能，提高实践能力；

3、充分认识无性繁殖过程品种退化的原因及品种复壮技术，理解将幼化复壮贯穿于苗木生产各个环节的重要性；

4、通过虚拟仿真在较短课时内掌握毛白杨多圃配套育苗各圃地功能及营建与管理技术，包括采穗圃、砧木圃、根繁圃、繁殖圃以及组培生产线的功能，以及抹芽、去顶、换根、嫁接、外植体接种、继代、移苗等操作方法；

5、理解各圃地功能转换的方式以及幼化复壮措施，明确苗圃高效经营与优质壮苗规模化生产的协调一致性；

6、通过推广应用与开放共享，提高全国林业相关专业大学生对林木良种苗木生产的认识和对林学专业的学习兴趣，熟练掌握多圃育苗系统的营建、品

种复壮、嫁接、组织培养等实验操作能力，为毕业后投身林木种业创新和优质苗木生产等相关工作奠定基础，提升综合素质和创新能力；同时，带动生产一线企业的技术更新与技能培训。

### 2-3 实验原理（或对应的知识点）

知识点数量：   5  （个）

（1）无性繁殖的在林木良种生产中具有显著优势。它可综合利用加性与非加性遗传效应，获得高的遗传增益；生产的苗木性状整齐一致，利于集约栽培，实现丰产；对于林木良种，实现选择当代，利用当代，显著缩短遗传改良周期；而且还适合于所有育种技术创育的林木良种的繁育。

（2）林木无性繁殖常用的方法有：扦插繁殖、嫁接繁殖、组织培养、人工种子。

（3）无性繁殖过程由于成熟效应、位置效应以及病毒侵染等因素可能导致品种退化，因此在无性繁殖过程中要将幼化复壮措施贯穿于无性繁殖苗木生产的各个环节。

（4）品种复壮是指针对品种退化而采取的恢复并维持树木幼龄状态的措施。常用的品种复壮方法有：有性（种子）复壮、利用树木的幼态组织区域复壮、组织培养脱分化再分化复壮、脱毒复壮。在实际生产中，应根据导致品种退化的主要因素选择适宜的品种复壮方法。

（5）多圃配套育苗主要由四圃构成，包括根繁圃、采穗圃、砧木圃和繁殖圃，四圃并非独立育苗，而是分工合作，配套联动，在解决林木良种苗木质量和量问题的同时，还可显著降低生产成本；随着技术的不断进步，当前许多林木种苗生产过程也结合组培生产线的建设，可实现林木良种的组培快繁。

### 2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

本实验涉及的虚拟仪器设备有：耕地、超净工作台、高压灭菌锅、枝剪、嫁接刀、铁锹、药品柜、移液器、试验台、组培瓶、水壶、手术剪、长镊子、高温灭菌器等。部分 3D 建模如图 1、2 所示。



图 1 耕地 3D 建模

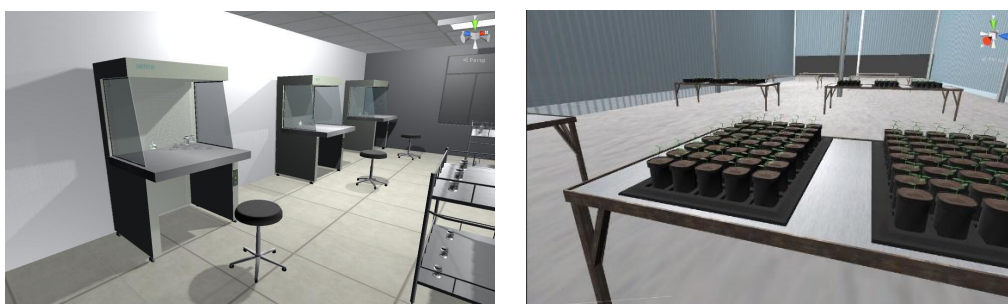


图 2 超净工作台和炼苗场的 3D 建模

## 2-5 实验材料（或预设参数等）

实验涉及的虚拟材料有：毛白杨大树、苗木、林木组培苗（图 3）、“炮捻”和“一条鞭”嫁接材料、根段、组织培养试剂、肥料、基质土、穴盘、乙醇、次氯酸钠溶液、蒸馏水等材料。



图 3 组培苗 3D 模型

## 2-6 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

### 一、教学方法

虚拟仿真实验教学是实验教学与现代信息技术深度融合的产物，它依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和网络通讯等技术，拓展实验教学内容的广度和深度，延伸实验教学的时间和空间，实现真实实验条件难以完成的教学



功能，特别适应于现代高等教育的发展趋势，丰富了学生的学习模式。尤其针对操作难度大、实验周期长、高成本、高消耗的大型综合性实验内容，虚拟仿真实验教学可有效实现教学目的。

该虚拟仿真实验教学项目以北京林业大学朱之悌院士所取得的国家科技进步二等奖项目“毛白杨多圃配套系列育苗技术”为核心，整合了近年相关研究进展，实现了科学研究成果与实践教学充分融合。在虚拟仿真教学过程中，整个实验过程类似“开心农场”的形式，激发学生的学习兴趣和积极性，在较短学时内完成生产中需要3-5年的内容，充分利用人机交互、计算机数码（CG）动画、三维（3D）建模等，让学生以角色扮演的形式参与到整个良种生产过程，促进学生对林木良种无性繁殖的理解，掌握无性繁殖方法和多圃配套原理，提高解决问题的综合能力，提升林木良种生产实践水平。

## 二、使用目的

通过虚拟仿真实验将多圃配套林木无性繁殖良种生产综合实验（实习）从3-5年周期缩短为3-4学时，在虚拟仿真实验室内完成，从而显著缩短实验（实习）周期、降低实验成本，形成“以学生为中心”的实验教学理念，向学生开放学习资源和学习空间，以学生自己学习为主，教师指导为辅，学生通过虚拟仿真实验系统中各模块的综合运用，熟练掌握林木良种无性繁殖的原理与关键步骤，明确各圃地的功能与经营管理措施，提高学生的相关实验和实习技能，培养具有创新思维和组织管理能力的林学专业人才，推动北京林业大学林学双一流学科建设，进一步向全国相关高校开放、推广该虚拟仿真实验教学内容，促进我国林学专业人才的培养，推进我国林木良种化进程。

## 三、实施过程

1、林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验系统主要设置了实验预习、实验演示、实验考核、实验报告和问卷调查5个模块，同时还设置了“答疑室”，主要用于远程开放时，学生可通过答疑室就知识点等问题进行线上答疑（图4）。

其中，**实验预习模块**：此模块主要包括实验目的、实验原理、操作步骤、注意事项等资料。学生在进行实验学习前，应先进行预习，掌握基本知识点，经教师提问考核合格后方可进行实验操作。

**实验演示模块**：此模块主要用于学生在了解实验原理的基础上，对实验内容进行学习。在图像、文字、声音等信息的指引下，学生通过人机交互，一步一步地完成整个实验过程，在这一过程中，学生通过教师指导和自主学习，掌握实验内容及相关关键技术操作。

**实验考核模块**：此模块主要用于对学生的实验操作进行考核。在考核系统中，没有系统操作提示，学生需要根据时间进度及苗木的生长状况，以及系统

给出的事件，完成相应的操作，以保证苗木的正常生长和规模化生产。

**实验报告模块：**此模块主要用于学生实验报告的管理与提交。学生实验完成后，根据学生操作情况，在后台自动记录学生的得分，并记录下学生操作的过程，用于在报告系统中形成实验报告。系统将自动整理出实验内容的正确操作流程以及学生操作过程的实际流程，便于学生回顾。同时，将实验目的、实验原理等信息整合进实验报告内，学生填写对实验设计的评价和建议，生成pdf文件，提交给教师评阅。

**问卷调查模块：**此模块主要用于在学习完成后，学生填写问卷调查表，便于教师收集学生对该虚拟仿真教学系统的评价。

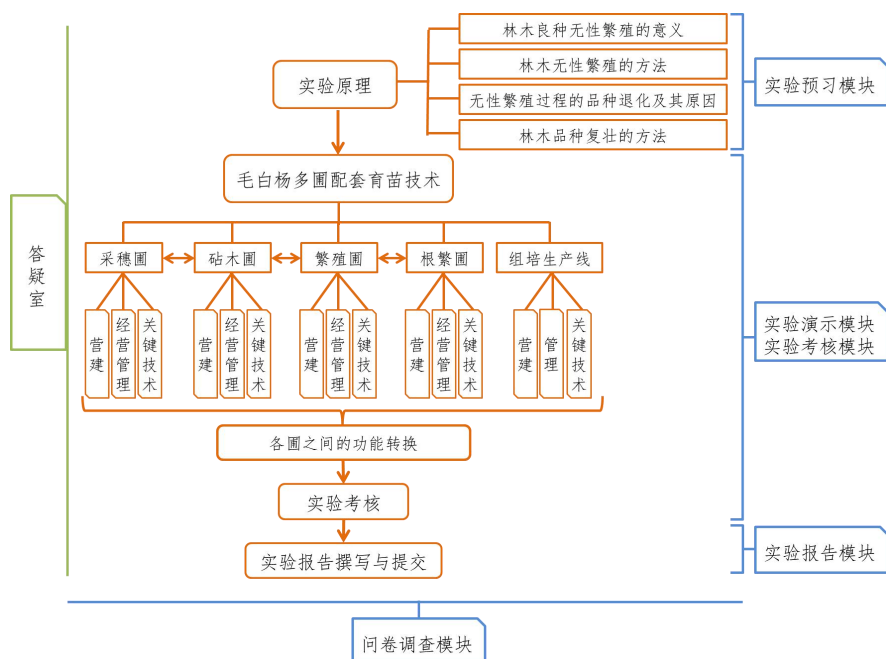


图 4 林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统组织结构图

## 2、本虚拟仿真实验内容共包括 4 个课时。

基于翻转课堂的引导式、开放式教学，任课教师提前一周时间给学生布置预习内容，明确预习目标。学生充分利用课下时间，通过查阅课件、文献资料等形式提前学习基本理论知识和原理；同时，虚拟仿真教学系统也提前 48 小时向选课的同学开放，学生可登录教学系统进行学习，熟悉操作界面。

(1) 第 1 课时：待正式授课时，学生进入“实验预习”模块，教师以现实中林木无性繁殖的实践和问题为引导，帮助学生主动进行知识点的学习。同时，在模块中，设置理论测试环节，以考察学生对实验内容知识点的掌握程度。对于预习知识点理论测试不合格的学生，教师将预习成绩反馈给学生，并对关键知识点进行二次讲解，要求学生重新预习并完成知识点考核，直至合格后才能进入下一阶段学习。

(2) 第2课时：在完成实验预习并顺利通过理论测试的基础上，教师对学生的预习情况进行总结，并引导学生开始进行实验演示操作。学生进入“实验演示”模块，按照提示要求，选择适宜的初始植物材料开始营建采穗圃和砧木圃，并根据界面的信息提示，从工具包中选择适宜的工具和材料适时进行抹芽、去顶、修剪、施肥、灌水等管理操作，以保证采穗圃和砧木圃苗木的生长符合苗圃经营管理需求。通过虚拟仿真3D建模学习“一条鞭”、“炮捻”等毛白杨无性繁殖过程中常用的嫁接技术。在繁殖圃中，将“一条鞭”、“炮捻”等嫁接材料进行扦插，并适时进行抹芽、培土换根、修枝、施肥、灌水等管理操作，完成林木良种的繁殖。在根繁圃中，通过留根途径形成根蘖苗，从而实现良种繁育过程的保幼复壮，维持毛白杨良种的优良品性；对根蘖苗进行选择，保留生长健壮的根蘖苗继续发育为合格苗，可用于造林。在组培生产线中，学习组培生产线的建设与良种组培快繁，包括外植体的选择、接种，继代培养、生根培养和苗木移栽、炼苗等环节。同时，通过对比采穗圃、砧木圃、根繁圃、繁殖圃和组培生产的各个环节，理解组织培养与多圃配套育苗的对应关系。此外，学习并理解多圃配套育苗的各圃地之间如何实现功能转换，保证土地流转和高效利用，实现优质苗木的规模化、可持续生产。

在实验演示操作过程中学生除遵照系统指示进行步骤操作外，遇到任何问题或困难均可向任课教师求助，任课教师及时回答问题并解决困难，以保证学生完整顺利地掌握整个实验操作环节。

(3) 第3课时：在有提示条件下学习掌握了实验操作后，教师对演示过程学生所遇到的重要问题进行总结，并对关键的步骤再次进行讲解。同时，提示学生进入实验考核环节。学生进入“实验考核”模块，在没有提示的情况下，独立完成各实验环节，并完成各考察项目，系统自动记录操作步骤和成绩。在此过程中，除非遇到系统问题，教师不对有关实验内容和操作的所有问题进行解答。

(4) 第4课时：学生在操作过程中，“实验考核”模块将自动记录各环节的正确或错误，在学生进入系统给定的起始分值基础上，进行加分或扣分操作，从而在学生完成实验内容后形成实验过程考核分值。完成考核环节后，学生就实验过程中的关键步骤和操作技术进行讨论，并可就实验内容和操作心得，以及对林木良种繁育的思考与任课教师进行探讨，进一步巩固学习成果。同时，学生需进入“实验报告”模块，撰写实验报告。系统将自动生成实验报告，提交给教师，学生也可下载留存。此外，学生还需要就虚拟仿真平台的使用情况填写问卷调查，并提交实验心得等内容。教师在课后登入管理平台对学生提交的实验报告进行及时批阅和分析，总结虚拟仿真实验的优势和存在的问题，不断完善虚拟仿真教学系统，提高虚拟仿真实验教学效果。

#### 四、实施效果

目前,该虚拟仿真实验项目已在北京林业大学“林木遗传育种学”、“林木育种学”、“林木种苗学”等课程教学中展开应用,并对西南林业大学林学专业本科生初步开放实验内容,已累计服务学生 430 人次。在示范教学过程中,强调实验流程和关键步骤的掌握,理论知识与实践操作并重。学生通过完成该虚拟仿真实验教学内容的学习,既能掌握有关林木无性繁殖的原理和品种退化的原因,又能通过实践训练提高将幼化复壮贯穿于整个良种繁育过程各个环节的技术能力,同时可以做到举一反三,将毛白杨多圃配套育苗技术体系的关键技术应用于其他树种的良种繁育研究中,充分激发了学生的学习兴趣,发掘了学生的创新潜力,提高了学生解决林木良种生产中实际问题的能力,显著提升了林木遗传育种学等相关课程的实验教学质量。

#### 2-7 实验方法与步骤要求 (学生交互性操作步骤应不少于 10 步)

##### (1) 实验方法描述:

##### 1) 设备与辅助认知

对本虚拟仿真实验教学中涉及的苗圃圃地总体规划、组培室、温室、炼苗场以及超净工作台、灭菌锅、枝剪等进行 3D 建模,搭配文字说明等让学生进行观察,并对相关工具的功能和使用方法进行认知。

##### 2) 基本知识点的预习

将实验辅导资料整合进虚拟仿真实验教学系统中,充分利用“实验预习”模块,结合教师的引导式教学方法,引导学生主动学习实验内容的相关原理和知识点,并结合理论测试,保证学生对实验内容的充分理解。

##### 3) 教师在线答疑

在开放教学形式下,学生在线学习过程中,可就难以理解的知识点和操作环节进行提问,教学团队定期安排教师对提问进行解答,从而保证学生利用虚拟仿真实验教学系统掌握林木多圃配套良种高效繁育技术的相关知识点和操作技能,提高教学效果。

##### 4) 实验操作

进入实验操作环节后,整个系统界面类似“开心农场”的形式,学生点击采穗圃、砧木圃、根繁圃、繁殖圃或组培室后,进入各相应圃地,开始对圃地进行营建和管理,实现本虚拟仿真实验的各个实验内容。

##### 5) 在线考核与步骤记录

在学生进入系统,给定 80 生命值作为初始生命值基础上,学生按照步骤要求通过人机互动操作、选择过程中,虚拟仿真教学系统自动判定操作的正确与否,并给学生增加或减少一定的生命值,如生命值低于 60,则学生需停止

操作，重新返回“实验演示模块”学习。同时，系统记录下学生操作过程的错误环节，最终形成实验操作分值，并给实验报告的生成提供记录数据。

#### 6) 实验报告的生成与提交

学生完成实验后，系统将根据学生的操作步骤以及实验操作得分情况，结合实验目的、实验原理、实验结果等自动生成实验报告，实验报告中尤其将包含一个实验流程图，其中会将学生实验过程存在问题的步骤进行特别标注，便于学生课后进行回顾，学生还需要在线提交实验报告，用于教师审查，并给出学生完成实验的综合成绩。同时，要求学生在报告系统中填写有关该虚拟仿真实验设计的问卷调查和实验心得，便于教师和开发者对该仿真系统进行改善以不断提高教学效果。

具体学习过程如图 5:

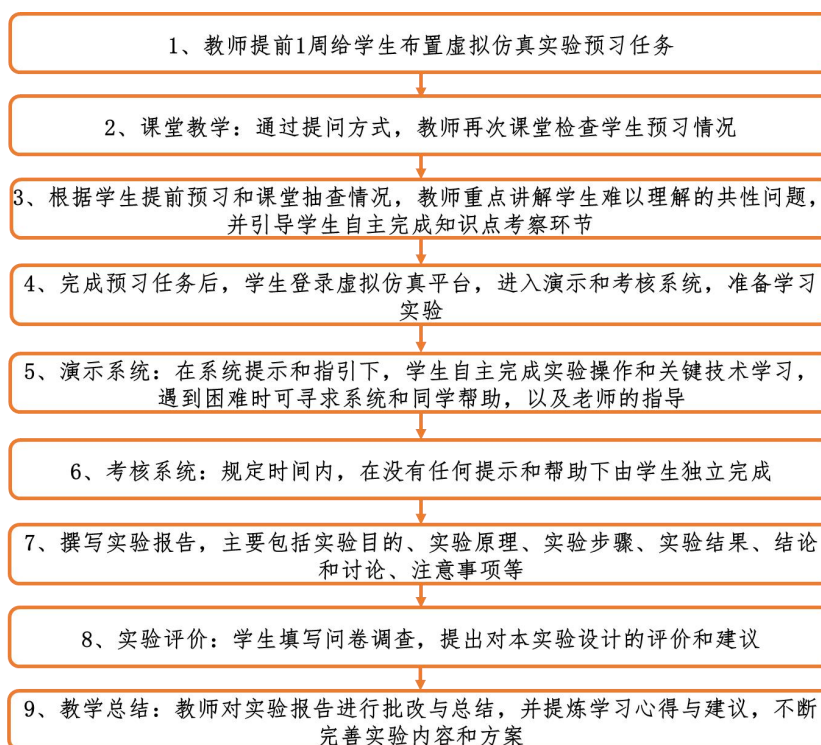


图 5 林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统学习流程

#### (2) 学生交互性操作步骤说明 (所有关键的交互性操作以<1>、<2>等标出):

##### 1) 登入虚拟仿真实验教学平台

学生在虚拟仿真实验室内或于系统开放状态时在能联网的环境下，打开浏览器，输入实验项目网址：<http://jwc.bjfu.edu.cn/xnfz/index.html>，点击“林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验”，进入林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验门户网站（图 6），可查看实验名称、实验目的、所属课程、实验方法与步骤、实验要求以及实验视频等信息。



图 6 林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统教学平台界面

对本虚拟仿真实验的背景信息了解清楚后，学生需点击“开始实验”按钮，进入到林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学管理平台（第一次打开系统可能需要安装所需的插件）。在实验过程中，如果点击运行，实验结果不出现，请检查插件是否启动。插件启动后在电脑下方的任务栏右下角有图标显示。

学生使用自己的学号进行系统注册（图 7），只有在授权范围内的学号才具有注册资格。



图 7 林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学平台登录界面

学生以学号登录后，进入导航界面。选择“虚拟实验”菜单，系统提示“请详细阅读操作手册”，点击确认后，选择“林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验”，点击“开始实验”，进入到“虚拟实验”菜单。其中，包括“实验预习”、“实验演示”、“实验考核”、“实验报告”、“问卷调查”等模块（图 8）。



图 8 林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学平台界面

## 2) 知识点预习与考察

点击“实验预习”模块，进入预习界面。了解实验目的、实验原理、各圃地介绍、实验步骤等，详细浏览实验流程图（图 9）。

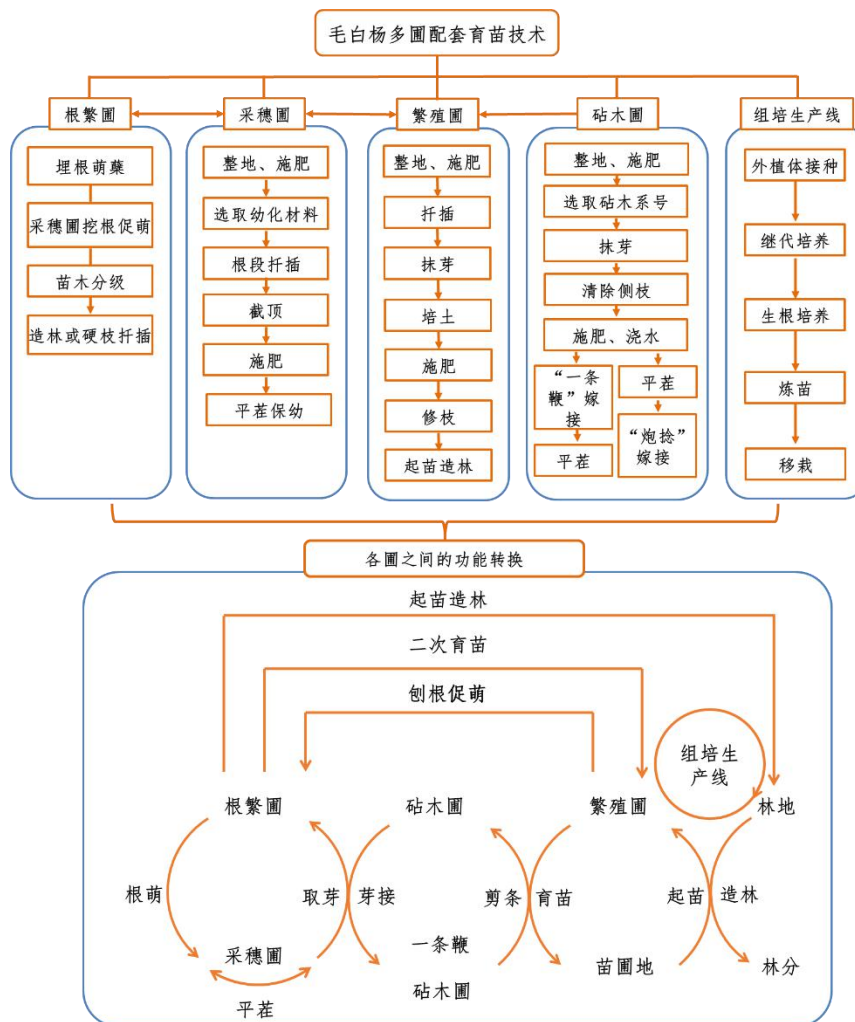


图 9 林木良种多圃配套育苗技术操作流程

在完成知识点预习后，点击“理论测试”按钮，进入预习考察环节，屏幕出现相关试题，完成后自动显示得分，分数高于 90 分者可继续进入实验操作环

节。

### 3) 实验操作环节

点击进入“实验演示/考核模块”(其中演示模块有系统提示,考核模块无系统提示),出现毛白杨多圃配套育苗苗圃总览地图,学生可通过点击各圃地,再次了解各圃地的功能。通过点击“开始实验”按钮,学生开始实验环节的操作。此时,界面右上角出现初始生命值 80(对于考核模块而言,需要记录生命值;在考核模块中,学生操作正确能加分,而操作错误将扣分;当学生操作过程中,由于多次操作错误导致生命值低于 60,则系统提示停止实验,重新完成实验演示模块),左上角是地图,屏幕顶部显示虚拟日期等信息,并显示包括“整地”、“建圃”、“施肥”、“培土”、“浇水”等一系列按钮,以供学生在操作过程中,适当选择正确的操作按钮。

#### 采穗圃营建与管理:

点击采穗圃,界面进入采穗圃圃地。建圃前,系统提示:首先请对圃地进行翻耕,以使其符合建圃要求。<1>学生需要选择屏幕上方的“整地”+“施肥”按钮,从工具包中选择“肥料”,拖动到土地里,动画显示耕地对土地进行深耕,并施足底肥(每亩施饼肥 75 公斤,二铵 20 公斤,尿素 15 公斤),一并翻入土中(操作按钮和工具选择错误,系统将扣除一定的生命值,并解释错误原因。下同)。之后,界面提示:请选择合适的建圃材料。<2>学生需要从出现的毛白杨大树的不同部位材料中选择幼态材料(根段)作为采穗圃的建圃材料。选择正确,系统将会增加一定的生命值;而如果选择错误,系统将扣除相应生命值(以下同理),并提示学生应该选择哪种正确材料用于建圃,解释其原因,以便学生理解。

系统提示利用插根的方式建圃,屏幕同时显示相应内容。采穗圃母株定植密度一般以 0.5 米×1.2 米的株行距为宜,每亩 1110 株。当根萌苗生长至 50-60 厘米高时,系统提示:需要对采穗圃苗木进行截顶操作。此时,<3>学生需要点击“截顶”按钮,并从工具包中选择“枝剪”将苗木的顶端剪去,从而去除顶端优势,促进其萌生出较多侧枝,防止领头枝的出现,培养成丛枝型采穗圃(含 4-6 个粗细均一、长短一致的丛式侧枝)(图 10)。每个侧枝上有饱满芽 20-25 个,每株有饱满芽平均约为 120 个以上,每亩采穗圃可产饱满芽 10 万个以上。



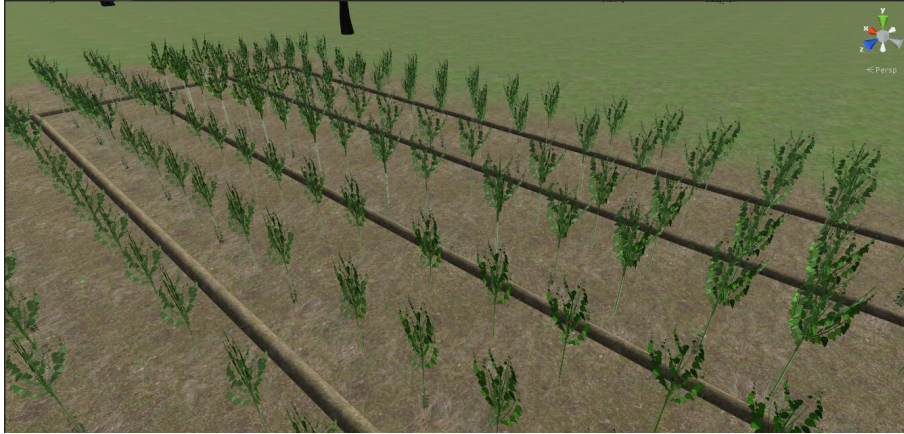


图 10 采穗圃苗木截顶操作与苗木生长

在 6-7 月，应给圃地追肥 1 次，以促进采穗苗木的快速生长。根据系统提示，<4>学生需点击“施肥”按钮，并选择工具包中的“肥料”，每亩施加尿素 15 公斤。

采穗圃在采穗供给穗条后，每年应在春季树液流动前进行平茬，使所有穗条每年均从根颈处萌生，保持幼态。此处有系统提示，<5>学生需点击“平茬”按钮，并从工具包选择“枝剪”，于苗木的根颈处进行平茬修剪，当年会从此处萌生出新的幼嫩枝条用于采穗。

同时，系统特别提示：由于年龄效应导致的品种退化因素，因此为保证采穗圃能可持续利用，并永葆幼态。每隔 2-3 年，需要对采穗圃进行挖根重建，即将地上部分苗木挖除，剩下地下部分的根系，促使从根部重新萌生幼芽，发育建立新的采穗圃。

#### 砧木圃的营建与管理：

点击砧木圃，进入砧木圃圃地。首先应营建砧木圃。建圃前，系统提示：首先请对圃地进行翻耕，以使其符合建圃要求。<6>学生需要选择屏幕上方的“整地”+“施肥”按钮，从工具包中选择“肥料”，动画显示耕地对土地进行深耕，并施足底肥（每亩施饼肥 75 公斤，二铵 20 公斤，尿素 15 公斤），一并翻入土中。

对于毛白杨嫁接繁殖而言，最好的砧木应为群众杨、大青杨或大官杨，切忌使用沙兰杨、加杨等黑杨和欧美杨系号。因此，系统提示学生选择建圃砧木品种，<7>此处由系统随机出 3-4 个选项，由学生选择适宜的砧木树种。选择后，系统弹出相应的解释，如选择错误，系统将扣除生命值。

砧木选择完毕后，应将砧木插条扦插于砧木圃中（动画显示该过程），生长形成砧木苗。每亩扦插 2500 根（存活约 2200 株），株行距约 0.3 米×1.0 米。砧木插条萌发后，将长出许多萌芽。此时，系统提示：需要对萌芽进行抹芽操

作。<8>学生需要点击“抹芽”按钮，并从旁边的工具包中选择“枝剪”对多余萌芽进行抹芽操作，最终只保留处于上部的1个生长健壮、直立的梢条作为主干即可。此后，<9-11>学生还应按照系统提示，选择相应按钮和工具完成清除侧枝、施肥、浇水等操作。尤其，插条萌发后，挑选一个粗壮、直立的梢条作为主干加以保留，其他侧枝全部去掉，随着主干的生长，上边新发出的侧枝也需要及时清除，直到2米左右的地方为止（图11），用于芽接。



图 11 砧木圃苗木生长

进入6月后，连续进行追肥，每亩施加尿素25公斤，20天1次，连续追肥3次，结合灌溉、除草等，以保证砧木的快速生长，<12>学生根据系统提示，点击“施肥”按钮，完成相应操作。到8月中旬，砧木能生长至2.5米以上。

进入8-9月，立秋之后，可开始进行“一条鞭”嫁接（芽接）操作。学生通过点击“一条鞭”，显示相应图片与CG视频。观看完成后，<13>学生应点击“嫁接”按钮，并共工具包选择“枝剪”和“嫁接刀”，从采穗圃中采集接芽，并选择适宜的接芽形状和砧木切口形状，拖动接芽与砧木相应位置进行贴合，迅速用塑料条绑缚结实，完成嫁接操作（图12）。芽接时，现在砧木基部贴近地面处接第一个芽（根芽），以后每隔17-18厘米接1个芽，依次类推，每棵砧木接8-10个芽为止。所有“一条鞭”嫁接的材料，需要在11-12月份，砧木休眠后，将插穗剪下，保存在冷库中，与次年春天进行扦插繁殖。根据系统提示，<14>学生需点击“平茬”按钮，并选择工具包的“枝剪”，将砧木圃地嫁接的“一条鞭”进行平茬，仅保留最下部的根芽在圃地里，其余全部剪下，修剪为15-18厘米长的插条保存于冷库内。

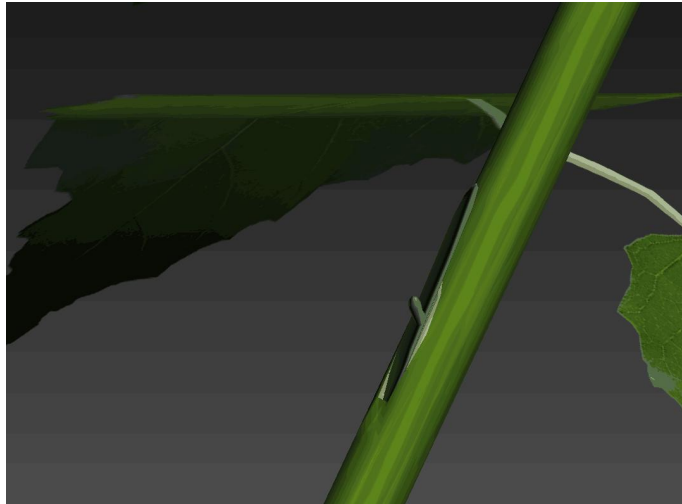


图 12 “一条鞭”嫁接

次年春季，树液流动前，开展“炮捻”嫁接操作。学生通过点击“炮捻”，显示响应图片与 CG 视频。观看完成后，<15>学生应点击“嫁接”按钮，并共工具包选择“枝剪”和“嫁接刀”，从砧木圃中将砧木剪下，从采穗圃中采集穗条，并选择适宜的穗条形状和砧木切口形状，拖动穗条与砧木相应位置进行贴合，迅速用塑料条绑缚结实，完成嫁接操作（图 13）。



图 13 “炮捻”嫁接

系统提示：砧木圃非常重要。1 株砧木，基部可接根芽，次年可培育成二根一干的大苗；中间可形成“一条鞭”插条；顶部 1/3 可继续作砧木的扩繁材料，扦插重新建立砧木圃。

#### **繁殖圃的营建与管理：**

点击繁殖圃，进入繁殖圃圃地。建圃前，系统提示：首先请对圃地进行翻耕，以使其符合建圃要求。<16>学生需要选择屏幕上方的“整地”+“施肥”

按钮，动画显示耕地对土地进行深耕，并施足底肥（每亩施饼肥 75 公斤，二铵 20 公斤，尿素 15 公斤），一并翻入土中。

在繁殖圃圃地内，将嫁接形成的“一条鞭”和“炮捻”等繁殖材料，在圃地内进行扦插，株行距 0.3 米×1.0 米。根据系统提示，<17>学生应点击“扦插”按钮，扦插前，学生拿到插穗后，应首先仔细检测接穗是否脱落，以免扦插后造成缺株；检查无误后，将插条的形态学下端朝下插入土中，插条上的接芽低于地面 3-5 厘米，这样灌水后由于土壤的沉降，接芽更好与地面齐平。

扦插后 1 个月内，系统提示：需要进行抹芽操作。<18>学生应点击“抹芽”按钮，并选择枝剪工具，对由砧木长出的所有萌芽进行剪除，以免影响接穗生长；同时对接穗长出的萌芽，只保留 1-2 个生长健壮的幼芽即可，以促使其生长为健壮苗木。

在 5 月下旬和 6 月中旬，当苗木生长至 15 厘米以上时，应进行两次培土操作。系统提示：请对扦插的苗木进行培土操作。<19>学生需要点击“培土”按钮，选择铁锹工具，给毛白杨苗木进行培土，培土的目的是将生长的接穗幼苗基部用土埋覆，促使其自行生根，以形成砧木和接穗 2 层根系，防止接穗和砧木亲和力和苗木生长的影响，这对于毛白杨苗木的粗壮生长至关重要。

在 6 月上旬和 7 月下旬应给苗木进行追肥，根据系统提示，<20>学生需点击“施肥”按钮，并选择工具包中的“肥料”，每亩追施尿素 10-12.5 公斤，促进其生长（图 14）。



图 14 繁殖圃苗木生长

同时，生长过程中，应及时对 1.5 米以下的侧枝进行修剪，以使 1 年生苗木形成冠幅，抑制顶梢过分生长，保持圃地通风、光照。根据系统提示，<21>学生点击“修枝”按钮，选择枝剪工具，进行修枝操作。

在次年春季，起苗造林时，需要将原来嫁接的砧木去除，以便使毛白杨以自生根系造林生长。

**根繁殖圃的营建与管理：**

根繁圃主要是由采穗圃复幼过渡转化为根繁圃的苗圃，也是生产带根小苗进行二次育苗的苗圃。在根繁圃中，一切苗木均起源于根周皮不定芽，都统一到最年幼的阶段，所以由此获得的苗木都是阶段性最幼态的。

在多圃配套系列育苗中，根繁圃往往是由采穗圃挖根促萌而转化而来的，也可直接通过埋根的方式建立根繁圃。<22>学生根据系统提示，选择“起苗”和“铁锹”组合，将采穗圃苗木挖走，保留部分根段在大田里，从而萌蘖形成根繁圃。由于根繁圃也会同时产生大量根蘖苗（图 15），在实际生产中，可对生长形成的根蘖苗进行分级选择，合格苗可直接用于造林，等外苗可用于硬枝扦插，繁殖更多苗木。



图 15 根蘖苗生长

#### 组培生产线的营建与管理：

点击组培大楼，进入组培车间。可观察到准备室、接种室、培养室等房间。其中在准备室内，有试剂柜、操作台、移液器、高压灭菌锅等设备。培养基配制过程不详细展示，有关高压灭菌锅的使用要点需要提示，以防止危险发生。

在接种室内，根据系统提示，<23>学生应点击“接种”按钮，选择适宜的材料作为外植体材料，建立无菌体系，并从工具包中选择“手术剪”、“长镊子”、“培养基”、“组培瓶”、“超净工作台”、“高温灭菌器”、“乙醇”、“次氯酸钠溶液”、“灭菌水”等工具和耗材，动画展示灭菌以及接种的过程（图 16）。



图 16 组培苗无菌培养

40 天后，接种后的茎段在培养室内生长形成无根的幼苗，将这些幼苗继续剪断形成若干个无菌茎段，从而继代增加幼苗的数量，此时每株无菌幼苗可形成 4-5 个新的茎段。根据系统提示，<24>学生点击“继代培养”按钮，从工具包中选择“组培苗”、“超净工作台”、“高温灭菌器”、“手术剪”、“长镊子”、“培养基”、“组培瓶”等工具，动画展示继代培养过程。将这些无根的幼苗转入到生根培养基中，诱导发育形成不定根，从而形成带根幼苗。根据系统提示，<24>学生点击“生根培养”按钮，从工具包中选择“组培苗”、“超净工作台”、“高温灭菌器”、“手术剪”、“长镊子”、“培养基”、“组培瓶”等工具，动画展示生根培养过程。

下一步，将带有生根幼苗的组培瓶放到温室内缓苗，让幼苗逐渐适宜外界的环境条件，大约 7 天后，将幼苗移栽到带土的穴盘中，仍放置于温室内，进一步适应环境条件。10 天后，幼苗对温室内条件逐渐适宜，将其转入炼苗场进一步炼苗，使其逐渐适应正常阳光照射，便于移栽到大田。根据系统提示，<25>学生点击“炼苗”按钮，选择“基质土”、“穴盘”等工具，动画展示炼苗过程。

炼苗完成后，需要将幼苗全部移栽到大田，促进其生长。根据系统提示，<26>学生点击“移栽”按钮，选择铁锹工具，先在苗圃地里开沟，然后将幼苗从穴盘取出，动画展示幼苗移栽过程。

#### 各圃地配套用地比例：

屏幕显示：如采用“一条鞭”繁殖方法，采穗圃以 0.5 米×1.2 米株行距计算，每亩可产生 10 万个接芽；砧木圃以 0.3 米×1.0 米株行距计算，每亩产 2200 棵砧木，每株砧木平均接 8 个芽，则每亩砧木圃将接 1.76 万个芽，即每亩可生产 1.76 万个“一条鞭”插条；繁殖圃以 0.3 米×1.0 米株行距计算，每

亩可扦插“一条鞭”插条 2220 根。<27>提问：那么，为保证苗圃圃地的高效利用，应如何安排采穗圃、砧木圃和繁殖圃的圃地面积呢？学生需经计算后，得出采穗圃：砧木圃：繁殖圃=1:5:40。

### 各圃地的功能转换：

多圃配套育苗的关键在于各圃地间相互流转，功能转换，保证圃地的高效利用和优质苗木的可持续生产，将幼化复壮措施贯穿于育苗的各个环节，从而实现免耕育苗。<28>此处可通过图示的方式（图 17），向学生展示各圃地的功能转换要点，学生通过点击箭头，系统详细说明各操作步骤的意义。其中，采穗圃的营建除采用插根建圃法外，还可由前 1 年的繁殖圃起苗后留下的根段萌蘖而来（留根苗方式），也可以由砧木根芽萌发形成（根芽平茬式）。

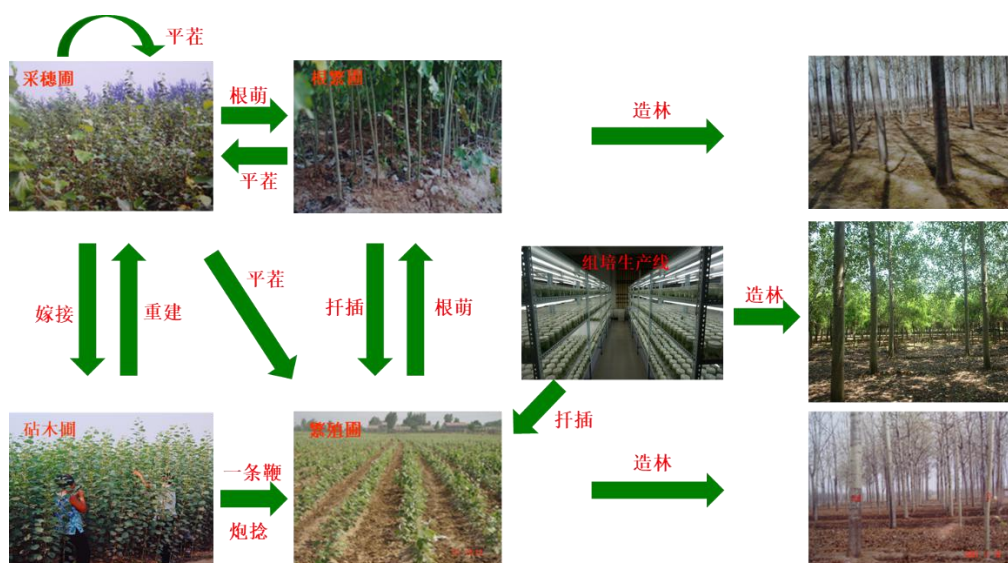


图 17 林木良种多圃配套系列育苗各圃地功能转换与苗木流转

同时，组织培养过程的接种、继代、生根等过程也是与各圃地的功能相对应的，<29>学生应根据屏幕上显示的框格进行连线，以将组织培养过程各流程与各圃地的功能相匹配，便于对多圃配套育苗体系的理解。

### 实验报告的生成与提交：

实验完成后，学生点击“完成”。系统自动计算实验成绩，进入到实验报告模块，学生撰写实验报告，生成实验报告并提交给任课教师。进入问卷调查模块，填写该虚拟仿真实验问卷调查表和实验心得。

## 2-8 实验结果与结论要求

(1) 是否记录每步实验结果：是 否

(2) 实验结果与结论要求：实验报告 心得体会 其他 问卷调查

(3) 其他描述：

实验互动操作较多，其中学生在实验操作中，应尤其注意以下互动步骤的正确性：

1) 在营建采穗圃时，学生应从出现的毛白杨大树的不同部位材料中选择幼化材料（根段）作为采穗圃的建圃材料。

2) 在采穗圃中进行抹芽操作时，学生应使用枝剪对多余萌芽进行抹芽操作，最终只保留上部的 1-2 个生长健壮萌芽即可。

3) 对采穗圃进行截顶操作时，学生应在苗木生长至 50-60 厘米高时，使用枝剪将苗木的顶端剪去，从而去除顶端优势，促进其萌生出较多侧枝，培养成丛枝型采穗圃（含 4-6 个粗细均一、长短一致的丛式侧枝）。

4) 在次年春天对采穗圃进行平茬操作时，学生应使用枝剪于苗木的根颈处进行平茬修剪，春天会从此处萌生出新的幼嫩枝条用于采穗。

5) 在营建砧木圃时，对于毛白杨而言，最好的砧木应为群众杨、大青杨或大官杨，切忌使用沙兰杨、加杨等黑杨和欧美杨系号。

6) “一条鞭”嫁接时，其属于芽接，学生应从采穗圃中采集接芽，并将接芽修剪为合适的芽接形状，同时在砧木叶芽上方位置修剪接口，最好能保留砧木的叶片，将接芽贴于砧木接口处，迅速用塑料条绑缚结实，从而提高嫁接成活率。

7) “炮捻”嫁接时，其属于枝接，学生应从采穗圃采集穗条，将其修剪为带 2-3 个芽的穗段，然后用嫁接刀将穗条基部修剪为斜楔形，同时将砧木劈开，将楔口插入砧木内，使砧木和接穗的形成层对齐，用塑料条绑缚牢固，妥善保存，防止接穗与砧木分离。

8) 在繁殖圃的抹芽操作中，学生应选择枝剪，对由砧木长出的所有幼芽进行剪除，以免影响接穗生长；同时对接穗长出的幼芽，只保留 1-2 个生长健壮的幼芽即可，以促使其生长为健壮苗木。

9) 在繁殖圃的培土操作中，学生应选择铁锹，给毛白杨苗木进行培土，培土的目的是将生长的接穗幼苗基部用土埋覆，促使其自行生根，以形成砧木和接穗 2 层根系，防止接穗和砧木亲和力苗木生长的影响，这对于毛白杨苗木的粗壮生长至关重要。



10) 在组培生产线的外植体接种中, 学生应选择由水培萌发形成的幼嫩枝条作为外植体材料, 以保证形成无菌体系。

11) 对于育苗企业而言, 不仅追求苗木的质量, 更要追求经济效益的最大化, 因此, 在进行圃地轮转时, 要注意各圃地面积的规划, 提高土地使用效率, 保证经济效益。

12) 在分析组培流程与各圃地的对应关系时, 应有下表的关系。

组培流程	外植体	培养基	接种	继代培养	分化培养	生根培养
多圃大田育苗	接芽	砧木圃	芽接	采穗圃	根繁圃	繁殖圃

## 2-9 考核要求

从实验预习、实验操作、实验结果、实验报告等多个层次对学生的学习效果进行全面考核和综合评价。具体考核要求、评分细则和比例如下表:

考核要求	考核内容	评分细则
实验预习 (15%)	知识点预习考察	10
	课堂抽查提问、口试	5
实验操作 (40%)	实验流程步骤是否清楚	15
	工具的使用方法是否正确、规范	15
	对实验现象的观察是否仔细	10
实验结果 (15%)	数据分析、处理是否正确	15
实验报告 (30%)	实验目的、原理、实验步骤是否完整	10
	对实验结果的分析、讨论	10
	对实验的评价与建议是否完整	10
总分		100

(1) 实验预习: 重点考察学生是否按照任课教师要求, 提前完成网上预习, 对实验原理、知识点的掌握是否到位。教师通过系统理论测试以及课堂抽查口试的方式对实验预习的成绩加以评判。

(2) 实验操作: 学生按照实验演示模块系统提示要求完成相关操作任务, 然后在考核模块下, 无提示完成各实验步骤及关键技术操作。系统将根据实验步骤是否完整、工具使用是否正确以及相关问题的回答是否准确进行自动评分, 作为最终成绩的重要参考。

(3) 实验结果：学生对实验结果的数据整理、统计分析方法等是否正确，以此作为主要评判依据。

(4) 实验报告：主要包括实验报告的完整性、学生对实验结果的分析讨论是否完善，以及学生是否完成问卷调查、实验心得等。

## 2-10 面向学生要求

### (1) 专业与年级要求

本虚拟仿真实验项目主要面向林学、城市林业、园艺植物、生物科学、生物技术等专业的大学三年级和四年级的本科生；涉及的专业课程包括林木遗传育种学、林木育种学、园林植物遗传育种学、植物育种学、森林培育学、林木种苗学等课程。同时也可作为林木遗传育种、森林培育、园林植物与观赏园艺等专业的研究生相关知识学习使用。

### (2) 基本知识和能力要求等

具备遗传学、植物学、植物生理学、植物组织培养等课程知识背景，对于植物细胞全能性原理及林木遗传育种学中有关树木无性繁殖特点等知识内容有基本掌握，能熟练运用计算机完成虚拟仿真课程学习。

## 2-11 实验项目应用情况

(1) 上线时间：2018年3月20日

(2) 开放时间：2018年7月1日

(3) 已服务过的学生人数：430人次

(4) 是否面向社会提供服务：是 否

项目已对西南林业大学林学专业林木遗传育种学课程教学进行了开放服务，教学效果良好。学生普遍反映，通过“林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验”使自己可以通过远程学习到北京林业大学学生所能学到的内容，让自己对林木无性繁殖良种生产有了更加深刻的认识，原来通过课堂学习的理论知识更加生动真实地展示在了眼前，而且还能在较短的时间内学习到整个朱之悌院士的毛白杨多圃配套系列育苗技术，受益匪浅，自己的专业认同感得到了显著提升。

### 3. 实验教学项目相关网络要求描述

#### 3-1 有效链接网址

<http://jwc.bjfu.edu.cn/xnfz/index.html>

#### 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）
- 基于公有云服务器部署的系统，5M-10M 带宽
  - 基于局域网服务器部署的系统，10M-50M 带宽
- (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）
- 支持 100 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 7 及以上
- (2) 其他计算终端操作系统和版本要求
- 无
- (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 UnityWebPlayer 插件容量 1MB
- 下载链接 <https://unity3d.com/cn/webplayer>
- (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）
- IE8.0 及以上（推荐使用 360 浏览器极速模式）
  - UnityWebPlayer 5.3.6 插件，提供下载

#### 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

硬件配置需求（最低）	硬件配置需求（推荐）
处理器：Intel 2GHz 及以上	处理器：Intel 2.2GHz
内存：2GB 及以上	内存：2GB
硬盘空间：40G	硬盘空间：80G
显卡：分辨率 1024x768 像素及以上	显卡：分辨率 1280x1024
网络：1000Mbps 以太网卡	网络：1000Mbps 以太网卡
显示器：14 英寸以上	显示器：14 英寸以上
网速：1M 以上	网速：2M

(2) 其他计算终端硬件配置要求

- 无

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

(2) 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
<p>系统架构图及简要说明</p>	<p>林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统的开放运行依托于开放式虚拟仿真实验教学管理平台的支撑，二者通过数据接口无缝对接，保证用户能够随时随地的通过浏览器访问该项目，并通过平台提供的面向用户的智能指导、自动批改服务功能，尽可能帮助用户实现自主的实验，加强实验项目的开放服务能力，提升开放服务效果。</p> <p>开放式虚拟仿真实验教学管理平台以计算机仿真技术、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，集实物仿真、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，是具有良好的自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。</p> <p>总体架构图如下：</p>  <p>应用层</p> <p>林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验</p> <p>仿真层</p> <p>可视化：虚拟仪器、图形绘制</p> <p>建模与装配：场景构建、构件建模、构件装配</p> <p>仿真分析器</p> <p>通用服务层</p> <p>开放式虚拟仿真实验教学管理平台</p> <p>实验教务管理、实验教学管理、理论知识学习、实验资源管理、智能指导、互动交流</p> <p>实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评估、项目开放共享、集成接口工具</p> <p>支撑层</p> <p>安全管理：身份认证、认证中心、容器和服务安全、访问控制</p> <p>服务容器：服务部署、服务监控、服务批处理、服务通知</p> <p>数据管理：数据访问、数据缓存、数据转换</p> <p>资源管理与监控</p> <p>域管理：监控分析、日志统计、系统管理</p> <p>域间信息服务</p> <p>数据层</p> <p>用户信息、课程库、典型实验库、基础元件库、规则库、标准答案库、实验数据</p> <p>图 18 系统总体架构图</p> <p>如图 18 所示，支撑项目运行的平台及项目运行的架构共分为五层，每一层都为其上层提供服务，直到完成具体虚拟实验教学环境的构建。下面将按照从下至上的顺序分别阐述各层的具体功能。</p>

	<p>(1) 数据层</p> <p>林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统涉及到多种类型虚拟实验组件及数据，这里分别设置虚拟实验的基础元件库、实验课程库、典型实验库、标准答案库、规则库、实验数据、用户信息等来实现对相应数据的存放和管理。</p> <p>(2) 支撑层</p> <p>支撑层是虚拟仿真实验教学与开放共享平台的核心框架，是实验项目正常开放运行的基础，负责整个基础系统的运行、维护和管理。支撑平台包括以下几个功能子系统：安全管理、服务器、数据管理、资源管理与监控、域管理、域间信息服务等。</p> <p>(3) 通用服务层</p> <p>通用服务层即开放式虚拟仿真实验教学管理平台，提供虚拟实验教学环境的一些通用支持组件，以使用户能够快速在虚拟实验环境完成虚拟仿真实验。通用服务包括：实验教务管理、实验教学管理、理论知识学习、实验资源管理、智能指导、互动交流、实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评价、项目开放与共享等，同时提供相应集成接口工具，以便该平台能够方便集成第三方的虚拟实验软件进入统一管理。</p> <p>(4) 仿真层</p> <p>仿真层主要针对该项目进行相应的器材建模、实验场景构建、虚拟仪器开发、提供通用的仿真器，最后为上层提供实验结果数据的格式化输出。</p> <p>(5) 应用层</p> <p>基于底层的服 务，最终实现林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学与开放共享。该框架的应用层具有良好的扩展性，实验教师可根据教学需要，利用服务层提供的各种工具和仿真层提供的相应的苗木生长模型，设计各种典型实验实例，最后面向学校开展实验教学应用。</p>
实验 教学 项目	<p>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）</p> <p>3D 仿真</p> <hr/> <p>开发工具（如：VIVE WAVE、Daydream、Unity3d、Virtools、</p> <p>unity3d, 3DMax、Maya、Visual Studio、Photoshop 等</p>

	Cult3D、Visual Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等)	
	项目品质 (如: 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)	单场景模型总数: 900000 面 贴图分辨率: 1024*1024 显示帧率: 高于每秒 30 帧 刷新率: 高于 30Hz 正常分辨率: 1920*1080
管理 平台	开发语言 (如: JAVA、.Net、PHP 等)	JAVA
	开发工具 (如: Eclipse、Visual Studio、NetBeans、百度 VR 课堂 SDK 等)	Eclipse
	采用的数据库 (如: HBASE、Mysql、SQL Server、Oracle 等)	MySQL

## 5. 实验教学项目特色

(体现虚拟仿真实验项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。)

林木良种繁育是一个系统工程,涉及到各圃地的营建与管理、无性繁殖技术、幼化复壮技术、苗木质量控制等一系列技术环节。相关教学内容一直是北京林业大学“林木遗传育种学”课程(由国家精品课程“林木育种学”和“遗传学”整个而成)的重要知识点,然而由于实际生产环节周期长、成本高、逻辑性强、操作难度大,学生难以在短期内掌握从“良种”到“壮苗”的整个繁殖过程。同时,随着我国对生态环境建设的日益重视,对林木良种壮苗的需求日趋旺盛,对林木种业创新型、实践型人才的培养也有新的要求。因此,有必要加强林木良种繁育相关实验教学的开发力度。

通过林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统可使学生在较短的课时内完成多圃配套圃地营建与管理、无性繁殖技术、幼化复壮技术、苗木质量控制等相关实验(实习)内容的学习,大大节约了实习成本,缩短了实习时间,并通过虚拟仿真、3D建模、人机交互体验等现代信息技术,有效激发学生的学习兴趣,提高了学习效率,作为传统教学的强力补充,显著提升了教学效果。

### (1) 实验方案设计思路:

通过虚拟仿真技术结合毛白杨大树、根段、幼苗、仪器设备、基本工具等大量的3D建模,再现了毛白杨多圃配套育苗的真实场景,还原了采穗圃、砧木圃、繁殖圃、根繁圃和组培生产线的操作全过程,重点展示了各圃地的营建与管理、“一条鞭”和“炮捻”嫁接繁殖技术、根蘖苗幼化复壮技术、嫁接苗培土换根技术、组培快繁技术等一系列多圃配套育苗关键技术。学生通过教学系统的指引提示与人机互动操作,完成对相关知识点和技术方法的学习,不仅对毛白杨的良种无性系生产技术有了全面的理解和掌握,而且对林木良种无性繁殖与优质壮苗规模化生产有更加深刻的认识,培养综合素质与创新能力。

### (2) 教学方法:

林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统以北京林业大学朱之悌院士所取得的国家科技进步二等奖项目“毛白杨多圃配套系列育苗技术”为核心,整合了近年相关研究进展,实现了科学研究成果与实践教学充分融合。在该系统中,我们依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和网络通讯等技术,再现多圃配套育苗真实场景,将翻转课堂的引导式教学与学生自主学习相结合,形成“以学生为中心”的实验教学理念,向学生开放学习资源和学习空间,学生通过



虚拟仿真实验系统中各模块的综合运用,熟练掌握林木良种无性繁殖的原理与关键步骤,明确各圃地的功能与经营管理措施,提高学生的相关实验和实习技能。任课教师在教学过程中辅助讲解实验原理、方法与步骤,并对整个实验全过程加以引导,启发学生创新意识,培养学生发现问题、解决问题的能力,调动学生学习的积极性,从而提高学习效率,提升林木良种生产的实践水平。

### (3) 评价体系:

林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统能够对参加实验学生的全过程进行记录,并能够随时进行实验指导,对于学生预习效果、实验步骤以及实验成绩评价都具备完善的评价标准,保证了评价的**真实性和公正性**。平台建立完善的反馈机制,对参加实验学生各方面的建议、评价与反馈信息,进行全面系统的统计分析,为指导教师改进和完善实验提供参考,提高教学效果。

### (4) 传统教学的延伸与拓展:

林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统**摆脱了传统理论课程多媒体教学的束缚,是对传统课堂教学的有效延伸和拓展**,它通过3D建模与人机交互,使学生可以在虚拟仿真环境下对相关知识点进行学习和掌握,弥补了由于实际生产条件下育苗周期过长而难以完成实习环节的缺陷,有效提高了教学质量,保障了人才培养的效果,促进了林学双一流学科建设。

## 6. 实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划,包括面向高校的教学推广应用计划、持续建设与更新、持续提供教学服务计划等,不超过 600 字。)

### (1) 持续建设与更新:

未来 5 年,我们将在汇总使用评价的基础上,不断完善本虚拟仿真实验项目,同时继续建设林木种子园良种生产、林木多倍体育种等系列虚拟仿真实验项目,使课程的虚拟仿真实验实现系列化、标准化及正规化,提升教学效果,培养学生的创新能力。

本项目在前期投入 20.0 万元进行建设的基础上,后续还将继续投入 100.0 万经费用于系统的完善和新教学内容的开发。

①王君. 林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验. 北京林业大学教务处, 2018 年, 20.0 万元;

②王君. 林木遗传育种学虚拟仿真实验教学系统建设. 北京林业大学教务处, 2018-2021 年, 100.0 万元.

### (2) 面向高校的教学推广应用计划:

一方面,借助林学双一流学科建设,通过举办教学交流会、组建林学虚拟仿真实验教学联盟等多种形式,与各兄弟院校、相关机构的对口院系进行虚拟实验资源项目建设思路、经验和成果的资源共享,共同推进林学相关课程的虚拟仿真教学建设,同时推广林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真教学系统,使各相关高校的学生能通过使用我们的建设成果,提升综合创新能力;

同时,综合应用多媒体、大数据、3D 建模、人工智能、人机交互、虚拟现实、增强现实、云计算等网络化、数字化、智能化等信息技术手段,丰富虚拟仿真实验内容,优化林木遗传育种学实验教学体系;举办虚拟仿真实验技能大赛,鼓励本科生、研究生能参与到虚拟仿真实验教学系统的开发建设中来,促进和提升学生的专业实践能力和专业应用能力。

### (3) 面向社会的推广与持续服务计划:

林木良种繁育是一门实践性很强的技术。本项目将不断补充、更新教学资源,面向社会提供免登录链接,提供教学训练所用资源;同时,将林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验教学系统推广应用至各林木种苗生产企业,面向定点企业提供岗前培训及考核服务,凡经平台考核合格的学员,均将获得由北京林业大学颁发的电子认定证书。

## 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。

（其它需要说明的意见。）

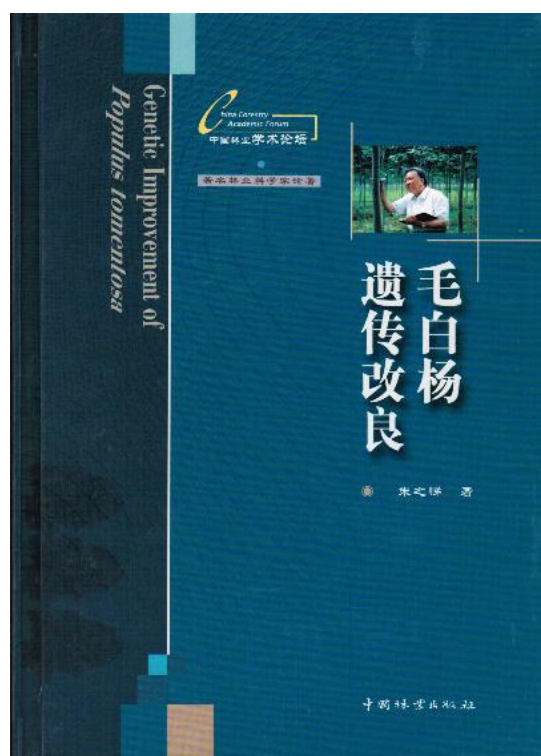
主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日

## 附件 1 林木良种多圃配套育苗技术及良种选育相关科研成果

- 1、朱之悌，等。“毛白杨多圃配套系列育苗技术”获国家科技进步二等奖（14-2-004-01）；
- 2、朱之悌. 毛白杨遗传改良. 中国林业出版社, 2006.
- 3、康向阳，等。“白杨根蘖与容器硬枝扦插配套育苗方法”获国家发明专利授权（ZL201010100819.7）；
- 4、王沛琦，康向阳，等. ‘北林雄株 1 号’和‘北林雄株 2 号’叶片再生体系的建立. 中国农学通报, 2014, 30(7):11-16；
- 5、朱之悌，康向阳，等. 国家林木良种‘三毛杨 7 号’（国 S-SC-PT-003-2012）；
- 6、朱之悌，康向阳，等. 国家林木良种‘三毛杨 8 号’（国 S-SC-PT-004-2012）；
- 7、康向阳，王君，等. 国家林木良种‘北林雄株 1 号’（国 S-SC-PB-006-2014）；
- 8、康向阳，王君，等. 国家林木良种‘北林雄株 2 号’（国 S-SC-PB-007-2014）；
- 9、朱之悌，康向阳，等. 国家植物新品种权‘三毛杨 7 号’（20090018）等 5 个；
- 10、康向阳，王君，等. 国家植物新品种权‘北林 1 号’（20090016）等 9 个。



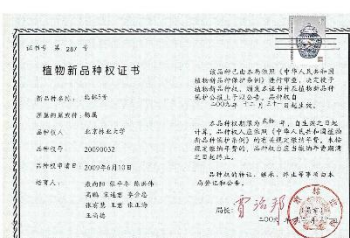
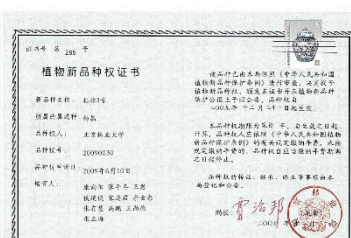
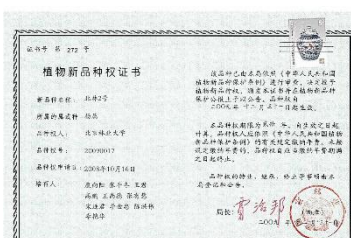
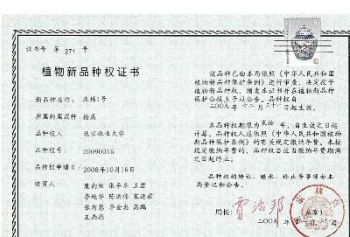
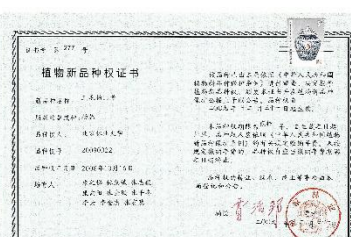
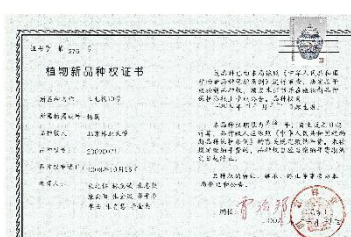
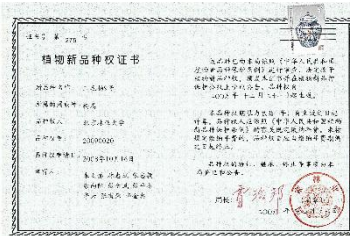
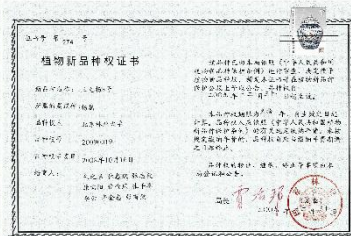
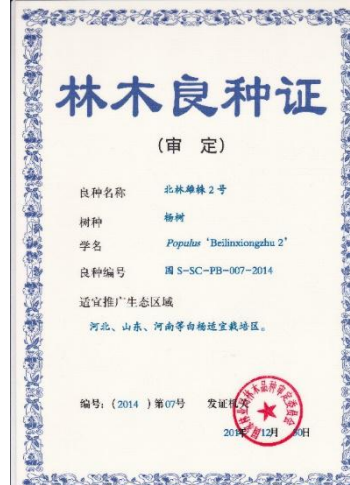
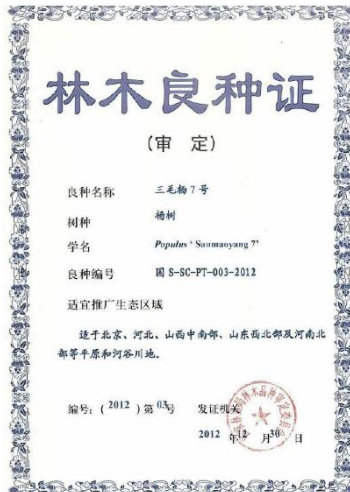


“北林雄株1号”和“北林雄株2号”叶片再生体系的建立

发明人：魏利军、董平、李国栋、陈洪、李国栋、李国栋

专利号：2010 1 0000016.7

专利权人：北京林业大学

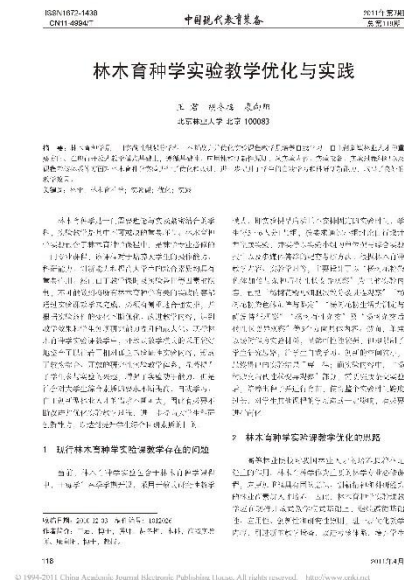
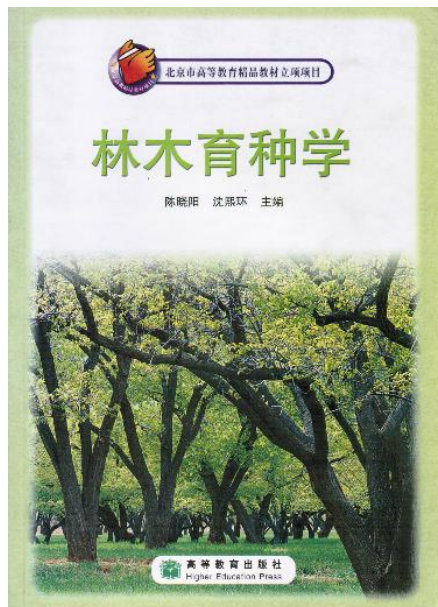
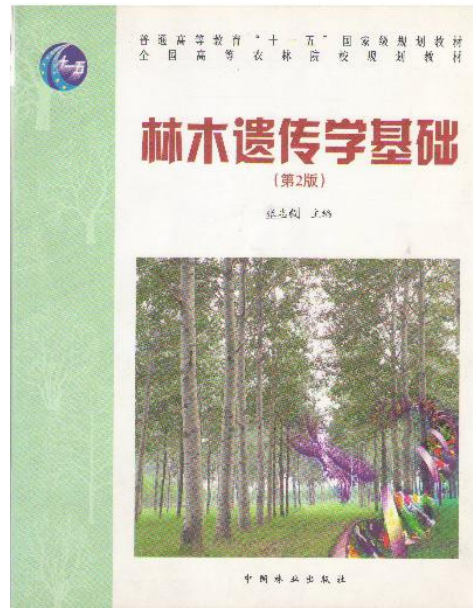




## 附件二 林木遗传育种学教材建设与教学改革成果

由北京林业大学主编的《林木遗传学基础》、《林木遗传学基础（第2版）》、《林木育种学》等教材一直是全国高等农林院校的主要学习教材，被全国各大林业院校长期使用。

林木遗传育种学教学团队一直致力于教学改革，在课程建设、实验实践课程改革、创新人才培养等方面取得了丰硕的成果，在《中国林业教育》等期刊发表了一系列教学改革论文。



摘要: 本文探讨了在林木育种教学中渗透专业精神的实践意义, 分析了当前教学中存在的问题, 并提出了具体的实施策略, 旨在提高学生的学习兴趣和专业素养。

关键词: 林木育种; 专业精神; 实践教学; 渗透; 教学改革

1. 引言

2. 林木育种教学现状分析

3. 专业精神渗透的必要性

4. 专业精神渗透的实践教学策略

5. 结论

摘要: 本文探讨了“林木育种学”课程实践教学改革的探索, 分析了当前实践教学存在的问题, 并提出了具体的改革措施, 旨在提高实践教学的质量和效果。

关键词: 林木育种学; 实践教学; 教学改革; 探索; 改革措施

1. 引言

2. 林木育种学实践教学现状

3. 实践教学改革的探索

4. 实践教学改革的实施策略

5. 结论

2010年第1期 中国现代教育装备 ISSN1672-1426 CN11-4884/T

依托国家级科研平台促进林业创新人才培养实践与思考

摘要: 本文探讨了依托国家级科研平台促进林业创新人才培养的实践意义, 分析了当前人才培养中存在的问题, 并提出了具体的实施策略, 旨在提高人才培养的质量和水平。

关键词: 国家级科研平台; 林业创新人才; 人才培养; 实践; 思考

1. 引言

2. 国家级科研平台在林业人才培养中的作用

3. 依托国家级科研平台促进林业创新人才培养的实践

4. 思考与展望

2010年第1期 中国现代教育装备 ISSN1672-1426 CN11-4884/T

林木育种学开放式实验教学实践

摘要: 本文探讨了林木育种学开放式实验教学实践的探索, 分析了当前实验教学存在的问题, 并提出了具体的改革措施, 旨在提高实验教学的质量和效果。

关键词: 林木育种学; 开放式实验教学; 实践教学; 探索; 改革措施

1. 引言

2. 林木育种学开放式实验教学现状

3. 开放式实验教学改革的探索

4. 开放式教学改革的实施策略

5. 结论

2010年第1期 中国现代教育装备 ISSN1672-1426 CN11-4884/T

“林木遗传育种学”课程实践教学改革的探讨

摘要: 本文探讨了“林木遗传育种学”课程实践教学改革的探讨, 分析了当前实践教学存在的问题, 并提出了具体的改革措施, 旨在提高实践教学的质量和效果。

关键词: 林木遗传育种学; 实践教学; 教学改革; 探讨; 改革措施

1. 引言

2. 林木遗传育种学实践教学现状

3. 实践教学改革的探讨

4. 实践教学改革的实施策略

5. 结论

2010年第1期 中国现代教育装备 ISSN1672-1426 CN11-4884/T

“林木遗传育种学”课程实践教学改革的探讨

摘要: 本文探讨了“林木遗传育种学”课程实践教学改革的探讨, 分析了当前实践教学存在的问题, 并提出了具体的改革措施, 旨在提高实践教学的质量和效果。

关键词: 林木遗传育种学; 实践教学; 教学改革; 探讨; 改革措施

1. 引言

2. 林木遗传育种学实践教学现状

3. 实践教学改革的探讨

4. 实践教学改革的实施策略

5. 结论