

Research on Laboratory Safety Risk Prevention and Control in Experimental Teaching of Plant Physiology

Ran Zheng

Chifeng University, Chifeng, Inner Mongolia, 024000, China

Abstract

In plant physiology experimental teaching, safety risks exhibit typical characteristics of being both complex and latent due to diverse experimental instruments, intricate chemical reagents, and overlapping operational procedures, which imposes higher standards on experimental teaching implementation and safety management. This study systematically identifies and classifies risk sources in experimental teaching scenarios, comprehensively analyzes potential hazards in instruments, chemical reagents, and operational workflows, and systematically reveals key triggers and underlying mechanisms of various risks. The research aims to provide empirical support and practical references for establishing safety control systems in plant physiology experimental teaching, thereby enhancing safety governance capabilities and risk prevention effectiveness in experimental education.

Keywords

plant physiology; experimental teaching; laboratory safety; risk prevention and control

植物生理学实验教学中的实验室安全风险防控研究

郑然

赤峰学院, 中国·内蒙古 赤峰 024000

摘要

植物生理学实验教学过程中, 因实验仪器类型繁多、化学试剂种类复杂、操作流程相互交叉, 安全风险呈现复合型与隐性并存的典型特征, 对实验教学的组织实施与安全管理提出了更高标准。本研究针对实验教学场景下的风险源开展系统识别与分类辨析, 全面梳理仪器设备、化学试剂及操作流程中的潜在安全隐患, 并系统揭示各类风险的关键诱因及其内在作用机理。研究旨在为植物生理学实验教学安全管控体系的构建提供实证支撑与实践参考, 推动提升实验教学的安全治理水平与风险防控能力。

关键词

植物生理学; 实验教学; 实验室安全; 风险防控

1 引言

植物生理学实验教学是高等农林院校生物类专业的核心实践教学模块, 涵盖溶液配制、组织培养、光合速率测定、酶活性分析等多元化实验内容。相较于其他学科实验室, 植物生理学实验室在运行与管理上具备鲜明的专业特征。一是仪器设备类型繁杂, 同步使用光照培养箱、电热鼓风干燥箱、切片机、恒温水浴锅、高速离心机、生物显微镜等多类装置。二是化学试剂体系多样, 既包含常规无机酸碱盐类试剂, 也涉及有机溶剂、植物生长调节剂、缓冲液等多种生化制剂。三是实验材料具有生物活性, 以新鲜植物组织、细胞体系及粗提液等活体材料为主。四是人员流动频次高, 每学

期覆盖学生规模可达数十至数百人。上述运行特征使得植物生理学实验教学过程中的安全风险呈现出复合型、隐匿性与渐进累积性并存的特点^[1]。国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会于2022年10月12日正式发布并实施GB/T 27428-2022《植物生物安全实验室通用要求》, 对植物生物安全实验室的风险管控体系、生物安全防护等级划分、设施设备配置标准及规范化管理要求作出系统性界定, 为植物生理学实验室安全管理体系构建提供了权威技术支撑与操作依据。本研究以国家标准为遵循, 结合高校实验室实际运行数据与现场调研结果, 精准识别实验教学全过程中的关键风险源, 深入解析安全事故的发生机理与致因结构, 构建具备实操性的安全防控体系, 旨在为高校植物生理学实验教学安全规范化、科学化管理提供理论支撑与实践指引。

【作者简介】郑然(1988-), 女, 中国内蒙古赤峰人, 硕士, 实验师, 从事植物学, 植物生理学, 实验室安全与管理研究。

2 植物生理学实验教学中的风险源识别

2.1 设备设施风险

植物生理学实验教学所采用的各类仪器装备,普遍存在高温、高压、高速运转与低温保存等多工况叠加的运行特征,潜在安全隐患呈现多源化。GB/T 27428-2022《植物生物安全实验室通用要求》针对植物类生物安全实验室的基础设施与仪器装备配置作出系统性规范。标准明确要求,实验室须按照对应的生物安全防护等级配备适配的设施与装备,并建立常态化维护保养、定期校验与性能检测机制。如表1所示,为南宁师范大学环境与生命科学学院植物学实验室仪器设备台账及运行状态统计数据。

表1 植物生理学实验室主要设备风险统计

设备类型	典型设备	主要风险	设备配置情况	风险等级
培养设备	光照培养箱	温度失控、电器故障	多实验室配置2台以上	Ⅱ级
干燥设备	电热鼓风干燥箱	过热起火、烫伤	常规配置2台	Ⅱ级
制样设备	切片机	机械伤害	常规配置1台	Ⅱ级
加热设备	水浴锅	烫伤、漏电	常规配置1台	Ⅲ级
称量设备	电子天平	无显著安全风险	常规配置4台以上	Ⅳ级
观察设备	显微镜、解剖镜	眼部疲劳	配置数量最多	Ⅳ级
冷藏设备	电冰柜	制冷剂泄漏	常规配置1台	Ⅲ级

实测调研数据表明,光照培养箱与电热鼓风干燥箱是

植物生理学实验室中安全风险等级相对突出的关键设备。光照培养箱主要承担植物组织培养、种子萌发等实验任务,其温控模块一旦出现异常,易造成箱内温度偏高或偏低,不仅会直接干扰实验数据的可靠性,还可能引发设备永久性损坏或运行故障^[2]。电热鼓风干燥箱多用于玻璃器皿烘干、实验样品脱水等操作,主要安全隐患集中在温控失灵引发的过热风险、箱内放置易燃物品诱发火灾隐患以及高温取放样品时造成的人员烫伤等方面。

恒温水浴锅主要应用于溶液恒温处理与植物组织解离操作,潜在风险以人员高温烫伤与电气线路漏电为主。植物组织切片机在使用过程中,若操作流程不规范,极易造成割伤、挤压等机械性伤害。低温冷藏柜用于实验试剂与生物样品的低温储存,制冷剂泄漏可能带来环境污染、健康危害及设备损坏等问题。

2.2 化学试剂风险

植物生理学实验所使用的化学试剂种类繁多,按其功能与性质可划分为有机溶剂、强酸强碱试剂、植物生长调节剂、缓冲体系、染色显色剂等多个类型。依据国立嘉义大学园艺学系植物生理学实验安全管理规范,乙醇、丙酮、乙醚、苯、石油醚、甲苯、二甲苯等挥发性有机溶剂具有高度易燃性,使用时必须严格远离明火及高温热源。强酸、强碱、硫化氢、二硫化碳、氯仿、汞制剂及其他有毒有害试剂,在吸取操作中必须采用专用安全吸球,严禁以口直接吸取,且全程须在通风橱内规范完成。各类常用试剂的理化性质与安全风险特征如表2所示。

表2 植物生理学实验常用试剂风险特征

试剂类别	代表试剂	主要实验用途	主要危害	储存要求
有机溶剂	乙醇、丙酮、乙醚、苯、石油醚、甲苯、二甲苯	叶绿素提取、脂质测定、组织脱水	易燃、有毒、挥发性	远离火源、通风橱内使用
强酸强碱	浓硫酸、盐酸、氢氧化钠	缓冲液配制、组织固定	腐蚀性、灼伤	专用柜、防泄漏
植物激素	生长调节物质	植物生长调控研究	皮肤致敏、毒性	按要求存放
氧化剂	重铬酸钾	清洁液配制(K ₂ Cr ₂ O ₇ 的浓硫酸溶液)	强氧化性、腐蚀性	专用容器
染色剂	各类生物染色剂	组织染色	致敏性	避光保存

2.3 环境与生物风险

植物生理学实验教学的环境安全风险,主要源于特定实验场景所形成的特殊作业条件。光照培养箱、人工气候室等封闭或半封闭装置,若通风换气效率不足,易导致挥发性气体及有害代谢产物蓄积,形成潜在安全隐患。GB/T 27428-2022《植物生物安全实验室通用要求》对实验室通风系统、气流组织形式、压差控制指标等均作出明确技术规范,要求实验室必须依据对应的生物安全防护等级,配备适配的通风与空调系统。植物实验材料自身也存在一定的生物安全风险。部分实验材料如转基因植株、病原接种材料等,均属

于严格的生物安全管控对象。

2.4 人员行为风险

人为操作失误是诱发实验室安全事故的最主要因素。实验教学中典型的人为行为风险主要体现在实验前期准备不充分、实验操作流程不规范、突发事件应急处置能力不足、实验收尾环节清理不到位等方面。例如,试剂操作时未按要求佩戴防护手套与护目镜、试管加热时将管口朝向自身或他人、挥发性有机溶剂未在通风橱内使用、离心操作未进行对称配平、明火加热时擅自离岗等。面对试剂溅洒、高温烫伤、初期火情等突发状况,部分学生缺乏正确处置知识与技能。

3 风险成因的实证分析

3.1 事故类型分布

在化学品相关事故中,以有机溶剂与强酸强碱溶液的溅洒泄漏最为常见,主要集中于试剂取用、转移、配制等关键操作环节。设备类安全事故中,高温高压类仪器为主要风险载体。高温烫伤事故则多发生在灭菌培养基、烘干玻璃器皿等高温物品的取放过程中^[3]。

3.2 致因因素分析

对实验室安全事故开展多因素关系进行分析可知,事故的发生并非单一因素导致,而是多重风险要素叠加作用的产物。从时间维度来看,学期初始阶段学生对实验室环境与安全制度尚不熟悉,认知与操作均处于适应期。学期末阶段学生为追赶实验进度,易出现操作简化、注意力下降等问题,上述两个阶段均为安全事故的高发时段。从课程类型维度来看,涉及有机溶剂萃取分离的实验,例如叶绿素含量检测、脂质组分分析事故发生率显著偏高,涉及高温、高压仪器设备的实验事故风险次之。开展植物生长调节剂处理相关实验同样存在一定安全隐患。从实验人员结构来看,本科生群体事故发生占比显著高于研究生,这与本科生基数较大、实操经验不足、安全防范意识薄弱等特征高度相关。

4 风险防控体系的构建与实践

4.1 准入教育与培训体系

结合植物生理学实验教学的专业特征,构建分级分类、逐层递进的实验室准入教育与培训体系,是实现风险源头管控的核心环节。该体系由校级通识安全教育模块、院级专项安全教育模块、课程化实操安全教育模块三级教育模块构成。

在校级通识安全教育模块,严格遵循《高等学校实验室安全规范》相关规定,要求全体学生在进入实验场所前必须完成线上安全课程学习并通过考核,取得准入资格。中国农业大学生物学院搭建了实验室安全专题教育平台,整合政策法规、校级管理条例、院级实施细则及标准化文档资源,涵盖《高等学校实验室安全规范》《中华人民共和国生物安全法》《危险化学品安全管理条例》等法律法规,以及实验室安全关键控制点、安全教育培训与准入管理办法等制度文件,为标准化安全教育提供支撑。

在院级专项安全教育模块,立足植物生理学实验室风险特征开展针对性培训。深圳大学实验教学管理规程明确要求,学生须在指导教师与实验技术人员双重监督下规范开展实验操作。培训内容聚焦高压灭菌装置等特种设备安全运维、有机溶剂风险识别与防护措施、植物生长调节剂潜在危害认知等关键要点。

在课程化实操安全教育模块,将安全培训深度融入实验教学体系。南京农业大学植物生理学实验教学大纲显示,课程第一周固定设置“实验室安全专题教育+种子呼吸与活力快速测定”组合内容,把安全教育列为实验课程首修内

容。每次实验开展前,由授课教师系统讲解本次操作的特殊风险点与防护要点,要求学生提前查阅相关试剂安全技术说明书,强化风险前置认知。

4.2 操作规范与现场管理

依据风险辨识结果制定精准化、全流程的操作规范,是实验室安全管控的核心抓手。应对实验室全维度管理提出系统约束,涵盖人员准入管控、文件档案管理、人员健康监测、突发事件应急处置等关键模块,为规范化运行提供权威依据。针对高压灭菌器等高风险特种设备,深圳大学实验室管理规范强调:未经管理人员授权批准,任何人员不得擅自操作仪器,使用前必须逐项检查压力表、安全阀、液位等关键指标,规范填写使用台账,发现异常立即停机并上报维修。现场风险管控推行“安全关键控制点”精细化管理模式,中国农业大学《实验室安全关键控制点》相关制度对此作出明确界定^[4]。在实验室显著位置分区标注风险类型与管控要求,如在通风橱区域张贴有机溶剂操作细则,在试剂储存区域张贴化学品分类存放规范,实现风险可视化、提示常态化。同步建立实验前安全核查确认机制。每次实验启动前,由指导教师对学生个人防护装备穿戴情况、通风系统运行状态、试剂摆放规范性等进行逐项核验,确认全部达标后方可正式开展实验操作。

4.3 应急演练与处置

围绕植物生理学实验教学中高发事故类型,构建专项应急处置预案并开展常态化实战演练,是提升风险应对能力的关键举措。深圳大学实验教学实验室管理规程明确要求,实验过程中一旦出现操作失误或突发安全事件,须第一时间向指导教师报告并依规处置,严禁隐瞒不报或擅自违规处理。演练模块重点覆盖化学品溅洒应急处置、高温烫伤急救、初期火灾扑灭、触电应急救援等场景。

5 结语

植物生理学实验教学的安全风险呈现设备工况多元、试剂类型繁杂、人员流动频繁的复合型特征,风险防控必须紧密贴合学科特性,构建全链条、系统化的治理方案。本研究对核心风险源进行了系统辨识,在此基础上构建了防控体系。未来,各高校应立足自身办学条件与实验场景,持续优化风险防控策略,推动安全意识深度融入思想认知、外化为操作自觉,为植物生理学实验教学高质量开展筑牢安全保障。

参考文献

- [1] 徐芬芬,韩金多,陈凯.“植物生理学实验”教学融入应用型人才培养模式探讨[J].现代园艺,2025,48(23):202-204.
- [2] 李红.提升学生创新力的“植物生理学实验”课程的探索[J].教育教学论坛,2025,(37):95-98.
- [3] 刘萌萌.高校植物生理学实验课程教学的探索与实践[J].科技风,2024,(27):96-98.
- [4] 闫小红,吴琴玉,周兵,等.植物生理学综合设计性实验教学的改进与实践[J].安徽农学通报,2024,30(04):124-127.