

农药学

实验技术与指导

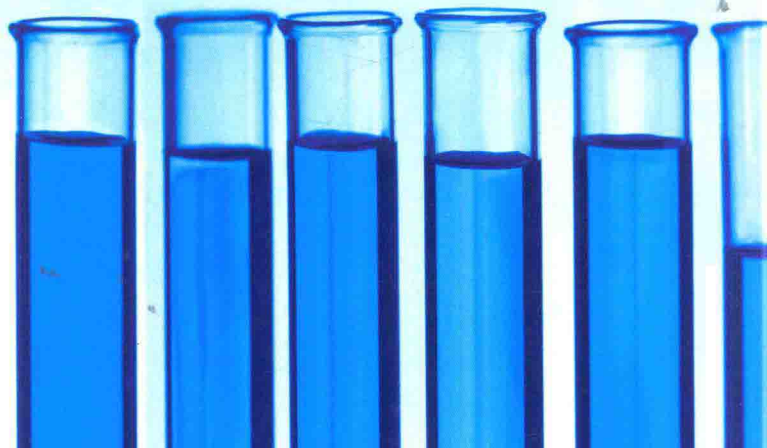
NONGYAOXUE SHIYAN JISHU YU ZHIDAO

第二版

孙家隆 慕卫 主编



化学工业出版社



农药学

实验技术与指导

第二版

孙家隆 慕卫 主编



化学工业出版社

·北京·

本书在第一版的基础上,结合最新农药学专业发展要求和实验课程,系统介绍了农药学实验室基本常识、农药合成、农药分析与残留检测、农药剂型加工、农药生物测定与田间药效试验、农药毒理与农药环境毒理等农药学实验课程中的基础知识与实验技术。另外,为增加本书的实用指导性,在农药合成部分还精选了部分农药品种的实际生产工艺等内容。

本书可作为与农药学相关的制药工程、药学、应用化学即植保等专业的本科及研究生的实验教材,也可供农业、卫生、食品、环境、化工等行业从事农药科研和管理的企业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

农药学实验技术与指导/孙家隆,慕卫主编.—2版.
—北京:化学工业出版社,2017.1
ISBN 978-7-122-28487-7

I. ①农… II. ①孙…②慕… III. ①农药-实验
IV. ①TQ450.2-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第269972号

责任编辑:刘军
责任校对:吴静

文字编辑:孙凤英
装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:北京国马印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张16¼ 字数403千字 2017年2月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00元

版权所有 违者必究

本书编写人员名单

主 编：孙家隆 慕 卫

副主编：郝双红 刘 峰 杨从军

编写人员：（按姓名汉语拼音排序）

杜春华 青岛农业大学

郝双红 青岛农业大学

李兴海 沈阳农业大学

林 珽 山东农业大学

刘 峰 山东农业大学

罗 兰 青岛农业大学

慕 卫 山东农业大学

祁之秋 沈阳农业大学

孙家隆 青岛农业大学

杨从军 青岛农业大学

张保华 青岛农业大学

张清明 青岛农业大学

张卫光 山东农业大学

前 言

本书自 2009 年初版，已历七年。同仁的肯定，实为对作者的鼓励和鞭策。

这次修订，主要是在第一版的基础上、根据农药学实验的发展和需要，进行了适当的精简和补充，以便在开阔学生知识面的同时，增加使用院校的选择性与机动性。具体做法简述如下。

更新：重新编写了各章的理论和实验内容。如第 2 章的学生实验、第 3 章的实验前准备、第 5 章的杀菌剂生物测定方法等。

精简：限于篇幅，第二版删除了部分一般教科书能够检索到的相关仪器设备及其操作和理论知识内容。如第一版中第 2 章的无水无氧操作、第 4 章的制剂生产工艺等。

充实：与第一版相比，第二版增加了学生应该掌握的知识内容，如实验室剧毒品管理制度等；增加了学生实验的量，如第 2 章增加了 4 个、第 3 章 2 个、第 5 章 11 个。

这本实验用书，一如其他诸多教材，表达了基础教育工作者期待已久的愿望：向农药学相关教师奉献一本较实用的实验教学参考书，为其教学、科研带来方便；帮助农药学及相关专业的学生掌握农药学基本实验技能知识，为以后的农药学研究打下坚实的基础。

本书为“山东农业大学应用型人才培养特色名校建设”“青岛农业大学应用型人才培养特色名校建设”相关专业研究课题研究成果之一。

本次修订工作由（按姓名汉语拼音顺序）杜春华、郝双红、李兴海、林璉、刘峰、罗兰、慕卫、祁之秋、孙家隆、杨从军、张保华、张清明、张卫光等完成，最后由孙家隆统稿。朱永哲博士审阅了书稿，修改并提出了许多建设建议，在此表示真诚的感谢。

本书再版之际，首先衷心感谢化学工业出版社的大力支持以及广大读者的关心和鼓励。农药学实验技术研究发展极快，文献材料极其丰富。限于编者的水平和经验，这次修订也只能从手头和感觉有价值的资料中做一些选择与加工，难免有疏漏之处。恳请广大读者将宝贵意见赐予 qauyaoxue12345@163.com，以便在重印和再版时做进一步修改和充实。

编 者

2016 年 10 月

第一版前言

农药学是一门实验科学。农药学实验是帮助人们认识、验证农药学知识的重要手段，也是探索和发现农药学新知识的必要条件。目前我国设置的面向农药的应用化学专业、制药工程专业和药学专业的高等院校已经有 20 多所，农药合成、农药分析与残留检测、农药剂型加工、农药生物测定与田间药效试验、农药毒理与农药环境毒理等课程多为这些专业的必修课程或骨干课程。然而其中大部分课程缺乏与之配套的实验教科书。为满足教学的需要，根据国家关于农药学相关专业学生的培养要求，青岛农业大学、山东农业大学、沈阳农业大学等院校的多位长期从事农药学教学工作的教师在已有农药学科实验讲义的基础上，经过整理与修改，编写了这本《农药学实验技术与指导》。

本书总结了参编院校的农药学实验教学经验，凝结了多位农药教育工作者的心血。根据我国农药发展现状以及当前农药学教学需求，本书内容共分为六部分：农药学实验室基本常识、农药合成、农药分析与残留检测、农药剂型加工、农药生物测定与田间药效试验、农药毒理与农药环境毒理。考虑到农药学相关专业的培养要求和相应学生的基础，按照高等教育关于“厚基础、宽口径”的精神，本书力求系统阐述各类农药学实验的技术与方法，以对学生进行全面而系统的农药学实验知识体系的培养与训练，从而为以后从事农药工作打下基础。另外，考虑到学生毕业后实际工作的需要，本书亦尽量介绍生产实例，并编辑了相关图片与农药生产工艺流程，同时本书还介绍了国家相关农药的规范与标准，以期毕业生尽快适应工作岗位，并为从事农药工作的读者提供借鉴。

本书的主要编写分工如下。

农药合成：郝双红、孙家隆；农药分析与残留测定：慕卫、张清明、林璁；农药剂型加工：刘峰、张保华、张卫光；农药生物测定与田间药效试验：杨从军、罗兰；农药毒理与农药环境毒理：李兴海、祁之秋；校对：张保华、张清明；统稿：孙家隆。中国农业大学刘尚钟教授对全书进行了审稿，并提出了很多宝贵意见。

农药学专家慕立义教授、张兴教授、王智教授在编写思路及结构框架方面给予了细致的指导，先生们的谆谆教诲和严谨的治学态度使编者受益匪浅，是本书能够成功出版的关键。青岛农业大学吕海涛教授审阅了“农药分析与残留测定”，并提出很多宝贵意见，在此深表感谢。

由于编者水平所限，书中疏漏与不妥之处在所难免，希望得到广大读者的指正。

编者
2009.2

缩略语

缩略语	英文全名	中文译名
a. i.	active ingredient	活性成分
AchE	acetylcholinesterase	乙酰胆碱酯酶
ALS	acetolactate synthase	乙酰乳酸合成酶
ASE	accelerated solvent extraction	加速溶剂提取法
AST	allatostatin	抑咽侧体神经肽
AT	allatotropin	促咽侧体神经肽
ATI	actural toxicity index	实际毒力指数
b. p.	boiling point	沸点
BME	biomedical engineering	生物医学工程
CA	corpus allatum	咽侧体
CIPAC	Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited	国际农药分析协作委员会
CMA	corn meat medium	玉米粉琼脂培养基
CMR	continuous microwave reactor	连续微波反应器
CTC	CO-toxicity coefficient	共毒系数
DL	detection limit	检测限
DMF	<i>N,N</i> -dimethylformamide	<i>N,N</i> -二甲基甲酰胺
DTNB	3-carboxy-4-nitrophenyl disulfide	二硫双对硝基苯甲酸
EC ₅₀	median effective concentration	有效中浓度
ECD	electron capture detector	电子捕获检测器
ED ₅₀	median effective dose	有效中量
ETP	emulsion inversion point	乳液转变点法
FAD	flavin adenosine dinucleotide	黄素腺嘌呤二核苷酸
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	联合国粮农组织
FDA	Food and Drug Administration	(美国)食品及药物管理局
FID	hydrogen flame ionization detector	氢火焰离子化检测器
FPD	flame photometric detector	火焰光度检测器
GABA	gamma-amino butyric acid	γ -氨基丁酸

缩略语	英文全名	中文译名
GAP	good agricultural practice	农产品规范化管理
GB		国标
GC	gas chromatograph	气相色谱仪
GLP	good laboratory practice	实验室管理规范
HLB	hydrophile-lipophile balance	亲水亲油平衡值法
HPLC	high performance liquid chromatography	高效液相色谱法
HTS	high throughput screening	高通量筛选
i. d.	inner diameter	内径
IR	infrared spectra	红外光谱
ISO	International Organization for Standardization	国际标准化组织
JH	juvenile hormone	保幼激素
LC ₅₀	median lethal concentration	半数致死浓度
LD ₅₀	median lethal dose	半数致死量
LLE	liquid-liquid extraction	液-液萃取
m. p.	melting point	熔点
MASE	microwave assisted solution extraction	微波辅助溶剂萃取法
MH	moulting hormone	蜕皮激素
mol	mole(s)	摩尔
NAD ⁺	nicotinamide adenine dinucleotide	烟酰胺腺嘌呤二核苷酸
NADP ⁺	nicotinamide adenine dinucleotide phosphate	烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸
NAGA	N-acetyl-D-(+)-glucosamine	N-乙酰葡萄糖胺
NPD	nitrogen phosphorus detector	氮磷检测器
O/W	oil/water	油/水
OD	optical density	光密度
ODS	ozone depleting substances	消耗臭氧层物质
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development	经济合作与发展组织
OP	organic phosphor	有机磷
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	美国职业安全与健康事务管理局
2-PAM	pyriding-2-aldoxime methyl iodide PAM	碘解磷啶
PDA	potato dextrose agar	马铃薯葡萄糖琼脂培养基
PIT	phase inversion temperature	相转变温度法
PMT	photomultiplier tube	光电倍增管
POPOP	1,4-bis(5-phenyl-2-oxazolyl) benzene	1,4-双(5-苯基-2-噁唑)苯
PPO	2,5-diphenyloxazole	2,5-二苯基噁唑
PSA	pressure swing absorb	变压吸附

缩略语	英文全名	中文译名
PTFE	Teflon	聚四氟乙烯
PTTH	prothoracicotropic hormone	促前胸腺激素
PVC	polyvinyl chloride	聚氯乙烯
RCA	radioanalytical chemistry analyse	放射化学分析法
RI	retardation index	阻碍指数
RIA	radioimmunoassay	放射免疫分析
RSD	relative standard deviation	相对标准偏差
SC	suspension concentrates	悬浮剂
SF	supercritical fluid	超临界流体
SFE	supercritical fluid extraction	超临界流体萃取
SPE	solid phase extraction	固相萃取
TLC	thin lay chromatography	薄层色谱
TLC-EI	thin-layer chromatographic-plant enzyme inhibition	薄层-酶抑制法
TPP	thiamine pyrophosphate	硫胺素焦磷酸
TTC	triphenyltetrazolium chloride	氯代三苯基四氮唑
TTI	theoretical toxicity index	理论毒力指数
UVD	ultraviolet detector	紫外检测器
Vc	vitamin C	抗坏血酸
W/O	water/oil	水/油
WHO	World Health Organization	世界卫生组织
WP	wettable powders	可湿性粉剂

目 录

1 农药学实验室基本常识 / 1

1.1 学生实验室守则	1
1.2 农药学实验室安全与环保	2
1.2.1 基本设施安全使用	2
1.2.2 化学药品的正确使用和安全防护	2
1.2.3 使用高压容器的安全防护	4
1.2.4 环保守则	4
1.2.5 实验室事故处理	5
附录 1 实验室剧毒品管理制度	6
附录 2 农药原药(急性经口 $LD_{50} < 2000\text{mg/kg}$) 的毒性及中毒救护	7

2 农药合成 / 11

2.1 特殊实验技术与仪器设备	11
2.1.1 低温实验技术	11
2.1.2 真空实验技术	12
2.1.3 高压实验技术及装置	16
2.2 实验部分	18
实验 1 敌百虫(trichlorfon) 的合成	18
实验 2 毒死蜱(chlorpyrifos) 的合成	20
实验 3 抑食肼(RH-5849) 的合成(自我设计实验)	23
实验 4 避蚊胺(diethyltoluamide) 的合成	24
实验 5 诱虫烯(muscalure) 的合成	26
实验 6 代森锰锌(mancozeb) 的合成	28
实验 7 福美锌(ziram) 的合成	31
实验 8 三氟苯唑(flutriazol) 的合成	32
实验 9 氰菌胺(zarilamid) 的合成	34
实验 10 香豆素二甲醚的合成	36
实验 11 莠去津(atrazine) 的合成	37
实验 12 乙草胺(acetochlor) 的合成	39
实验 13 2,4-滴与 2,4-滴丁酯的合成	40
实验 14 敌稗(propanil) 的合成(自我设计实验)	43

3 农药分析与残留测定 / 46

3.1	农药分析实验室特殊要求	46
3.1.1	分析实验室基本配置	46
3.1.2	常用仪器清洗和干燥	47
3.2	样品及其制备	47
3.2.1	农药制剂分析的样品制备	47
3.2.2	农药残留分析的样品制备	47
3.3	柱色谱和薄层色谱	49
3.3.1	柱色谱分离技术	49
3.3.2	薄层色谱技术	50
3.4	气相色谱与高效液相色谱技术	50
3.4.1	气相色谱技术	50
3.4.2	高效液相色谱技术	53
3.4.3	气相色谱-质谱联用技术	58
3.4.4	液相色谱-质谱联用技术	59
3.5	农药分析中的标准样品制备	62
3.5.1	标准样品的重要性和类别	62
3.5.2	原料选择	63
3.5.3	标准样品的定性	63
3.5.4	标准样品的定量	63
3.5.5	确证方法	63
3.5.6	均匀性和稳定性	64
3.6	实验部分	64
实验 1	农药水分测定方法 (GB/T 1600—2001)	64
实验 2	农药氢离子浓度测定 (pH 计法)	68
实验 3	农药酸度的测定	69
实验 4	薄层-溴化法测定辛硫磷含量	70
实验 5	直接碘量法测定代森锌含量 (HG 3289—2000)	72
实验 6	紫外分光光度法测定噁霉灵原药含量	74
实验 7	返滴定法测定磷化铝含量 (GB 5452—2001)	75
实验 8	气相色谱柱的装填与老化方法	77
实验 9	气相色谱外标法测定毒死蜱含量	78
实验 10	气相色谱内标法测定莠去津含量	80
实验 11	高效液相色谱法测定吡虫啉含量	81
实验 12	高效液相色谱法测定草甘膦含量 (GB 20684—2006 仲裁法)	82
实验 13	液相色谱分析噻嗪酮-杀扑磷含量	83
实验 14	乙草胺含量分析方法 (自我设计实验)	84
实验 15	气相色谱法测定牛乳中有机磷类农药残留量	85
实验 16	固相萃取-高效液相色谱法测定蘑菇中咪鲜胺残留量	87

实验 17	黄瓜和土壤中腐霉利的残留量测定	89
实验 18	毛细管气相色谱法测定小麦面粉中有机氯农药残留量	90
实验 19	气相色谱测定蔬菜上百菌清残留量	91
实验 20	气相色谱-质谱联用测定联苯菊酯含量	92
实验 21	超高效液相色谱-串联质谱联用法测定吡虫啉含量	94
附录 1	农药登记残留试验准则(中国)	95
附录 2	农药产品企业标准制定、编制说明和检测报告内容格式	97

4 农药剂型加工 / 101

4.1	农药制剂配制	101
4.1.1	农药助剂使用技术基础	101
4.1.2	农药制剂配制技术	108
4.2	实验部分	117
实验 1	20%三唑酮乳油的实验室制备	117
实验 2	20%三唑酮乳油质量控制指标及检测方法	119
附录 1	农药乳液稳定性测定方法(GB/T1603—2001)	120
附录 2	低温稳定性试验测定方法(GB/T 9137—2003)	121
实验 3	4.5%高效氯氰菊酯水乳剂的制备	122
实验 4	4.5%高效氯氰菊酯水乳剂质量控制指标及检测方法	123
实验 5	4.5%高效氯氰菊酯微乳剂的制备	124
实验 6	4.5%高效氯氰菊酯微乳剂质量控制指标及检测方法	125
实验 7	20%吡虫啉可溶液剂的实验室制备	126
实验 8	20%吡虫啉可溶性液剂质量控制指标及检测方法	126
实验 9	50%莠去津(atrazine)可湿性粉剂的实验室制备	127
实验 10	50%莠去津可湿性粉剂质量控制指标及检测方法	128
附录 3	可湿性粉剂悬浮率测定(GB/T 14825—2006)	130
附录 4	农药可湿性粉剂润湿性测定方法(GB/T 5451—2001)	131
附录 5	热贮稳定性试验测定方法(GB/T 19136—2003)	132
附录 6	农药粉剂、可湿性粉剂细度测定方法(GB/T 16150—1995)	133
实验 11	38%莠去津悬浮剂加工及质量检测	134
实验 12	38%莠去津悬浮剂的质量检测	135
实验 13	70%莠去津水分散粒剂的制备	137
实验 14	70%莠去津水分散粒剂的质量检测	138
实验 15	3%辛硫磷颗粒剂的加工及质量检测	140
实验 16	农药烟剂的制备	141
实验 17	缓慢释放型马拉硫磷微胶囊剂的制备	142
实验 18	40%辛硫磷乳油中乳化剂的配方优选(综合设计实验)	142
实验 19	50%莠去津可湿性粉剂助剂的配方优选(综合设计实验)	143

5 农药生物测定与田间药效试验 / 145

5.1	农药生物测定	145
-----	--------------	-----

5.1.1	农药生物测定实验常用仪器与使用	145
5.1.2	农药生物测定时溶剂的选择	147
5.1.3	供试生物材料	148
5.1.4	农药生物测定方法简介	152
5.1.5	农药室内生物测定的统计分析	162
5.1.6	农药混用联合毒力的测定与计算方法	163
5.2	农药田间药效试验	166
5.2.1	田间药效试验的内容和程序	166
5.2.2	田间药效试验的基本要求	167
5.2.3	田间药效试验设计的原则和方法	167
5.2.4	小区施药作业	169
5.2.5	药效调查与评判	170
5.2.6	田间药效试验的统计分析	171
5.3	农药生物测定实验	174
实验 1	杀虫剂胃毒作用测定 (NY/T 1154.2—2006)	174
实验 2	杀虫剂触杀作用测定 (NY/T 1154.1—2006)	175
实验 3	杀虫剂熏蒸作用测定 (NY/T 1154.3—2006)	176
实验 4	杀虫剂内吸活性试验 (NY/T 1154.4—2006)	177
实验 5	杀虫剂杀卵活性试验 (NY/T 1154.5—2006)	178
实验 6	杀虫剂混配的联合作用测定试验 (NY/T 1154.7—2006)	179
实验 7	喷雾法测定杀虫剂毒力 (NY/T 1154.9—2008)	180
实验 8	人工饲料混药法测定杀虫剂生物活性 (NY/T 1154.10—2008)	181
实验 9	蛇床子素毒力测定 (设计性实验)	182
实验 10	抑制病原真菌孢子萌发实验——凹玻片法 (NY/T 1156.1—2006)	182
实验 11	抑制病原真菌菌丝生长实验——生长速率法 (NY/T 1156.2—2006)	183
实验 12	杀菌剂的生物测定——抑菌圈法	184
实验 13	测定杀菌剂抑制黄瓜霜霉病菌试验——平皿叶片法 (NY/T 1156.3—2006)	185
实验 14	测定杀菌剂抑制水稻纹枯病菌实验——蚕豆叶片法 (NY/T 1156.5—2006)	186
实验 15	测定杀菌剂防治小麦白粉病试验——盆栽法 (NY/T 1156.4—2006)	187
实验 16	测定杀菌剂防治黄瓜霜霉病试验——盆栽法 (NY/T 1156.7—2006)	188
实验 17	仿生安毒力测定 (设计性实验)	189
实验 18	除草剂生物活性测定实验——平皿法 (NY/T 1155.1—2006)	190
实验 19	除草剂生物活性测定实验——玉米根长法 (NY/T 1155.2—2006)	191
实验 20	除草剂生物活性测定实验——土壤喷雾法 (NY/T 1155.3—2006)	192
实验 21	除草剂生物活性测定实验——茎叶喷雾法 (NY/T 1155.4—2006)	193
实验 22	光合抑制型除草剂活性测定试验——小球藻法 (NY/T 1155.10—2011)	195
实验 23	除草剂混配的联合作用测定 (NY/T 1155.7—2006)	196
实验 24	除草剂的生物测定——萌发试验	198
实验 25	除草剂的生物测定——茎叶吸收法	198
实验 26	除草剂的盆栽实验	199
实验 27	烟嘧磺隆毒力测定 (设计性实验)	200
实验 28	阿维菌素防治美洲斑潜蝇田间药效试验 (设计性实验)	200

附录 1 杀虫剂防治苹果桃小食心虫药效试验准则 (GB/T 17980. 65—2004)	201
附录 2 杀菌剂防治草莓白粉病田间药效试验准则 (GB/T 17980. 119—2004)	203
附录 3 除草剂防治花生田杂草田间药效准则 (GB/T 17980. 126—2004)	206
附录 4 农药登记田间药效试验报告编写要求 (农业部药检所)	209
附录 5 生物统计概率值换算表 (百分率转换为概率值表)	211
附录 6 概率值与权重系数关系表	213
附录 7 χ^2 值表	213

6 农药毒理与农药环境毒理 / 214

实验 1 杀虫剂对昆虫表皮的穿透作用测定	214
实验 2 不同类型杀虫剂中毒症状观察	215
实验 3 杀虫剂抑制昆虫乙酰胆碱酯酶活性的测定	216
实验 4 杀菌作用与抑菌作用测定	218
实验 5 杀菌剂对植物病害防治方式的测定	218
实验 6 杀菌剂对菌体呼吸作用的测定	220
实验 7 杀菌剂对菌体物质合成的测定	221
实验 8 除草剂对杂草光合作用的抑制	222
实验 9 除草剂对植株体内乙酰乳酸合成酶活性的影响	223
实验 10 杀菌剂对病原菌的作用方式测定	224
实验 11 农药对蜜蜂的毒性安全评价	225
实验 12 农药对鱼的毒性安全评价	228
实验 13 农药对家蚕的毒性安全评价	229
实验 14 农药对鸟类的毒性安全评价	231
实验 15 农药对蚯蚓的毒性安全评价	233
实验 16 农药对土壤微生物呼吸作用的毒性安全评价	236
实验 17 农药在水中溶解性的测定	237
实验 18 农药分配系数测定	238
实验 19 农药土壤吸附作用的测定	240
实验 20 农药的土壤淋溶作用的测定	242
实验 21 自我设计实验一	244
实验 22 自我设计实验二	244

参考文献 / 245

1

农药学实验室基本常识

农药属于有毒精细化工产品，农药研究工作者必须养成良好的实验室工作习惯并严格遵守相关规则，掌握农药学实验室基本常识，了解潜在的危險及其预防方法，使实验顺利进行。

1.1 学生实验室守则

为了保证实验的顺利进行，培养严谨的科学态度和良好的实验习惯，创造一个高效和清洁的工作环境，必须遵守下列实验室规则。

① 实验前，必须做好预习报告，明确实验目的，熟悉实验原理和实验步骤，了解所用药品的毒性及防护措施。进实验室后，应明确记录姓名、时间、试验项目以及离开时间。检查用具是否齐全，并注意室内通风。

② 实验操作开始前，首先检查仪器种类与数量是否与需要相符，仪器是否有缺口、裂缝或破损等，再检查仪器是否干净（或干燥），确定仪器完好、干净再使用，仪器装置安装完毕，要请教师检查合格后，方能开始实验。

③ 实验操作中，要仔细观察现象，积极思考问题，严格遵守操作规程，实事求是地做好实验记录，要严格遵守安全守则与每个实验的安全注意事项，一旦发生意外事故，应立即报告教师，采取有效措施，迅速排除事故。

④ 实验室内应保持安静，不得谈笑、打闹和擅自离开岗位，不得将书报、体育用品等与实验无关的物品带入实验室，严禁在实验室吸烟、饮食，离开实验室及饭前要洗净双手。

⑤ 服从指导，有事要先请假，不经教师同意，不得离开实验室。严格遵守实验操作规范（均按剧毒物品对待），不许擅自乱动与实验无关的药品。

⑥ 要始终做到台面、地面、水槽、仪器的“四净”，实验室废物应放入废物缸中，不得丢入水槽或扔在地上。废酸、酸性反应残液应倒入废酸缸中，严禁倒入水槽。实验完毕，应及时将仪器洗净，并放回指定位置。

⑦ 要爱护公物，节约药品，养成良好的实验习惯。要严格按照规定称量或量取药品，

使用药品不得乱拿乱放，药品用完后，应盖好瓶盖放回原处。公用设备和材料使用后，应及时放回原处，对于特殊设备，应在指导教师示范后方可使用。

⑧ 实验期间必须穿工作服。进入实验室应穿实验服或工作服，严禁赤脚或穿漏空的鞋子（如凉鞋或拖鞋）进入实验室。在进行有毒、有刺激性、有腐蚀性的实验时，必须戴上防护眼镜、口罩、耐酸手套或面罩。

⑨ 轮流值日，打扫、整理实验室。值日生应负责打扫卫生，整理公共器材，倒净废物缸并检查水、电、窗等是否关闭。

⑩ 实验完毕，及时整理实验记录，正确处理实验数据，写出完整的实验报告，按时交教师审阅。

1.2 农药学实验室安全与环保

1.2.1 基本设施安全使用

进入实验室首先要熟悉实验室的水阀门、电源总开关、灭火器、沙箱或其他消防器材的位置。实验室基本设施的使用注意事项如下所述。

(1) 排水系统 目前主要采用的是硬质聚氯乙烯(PVC)管件，其耐温工作温度只有80℃左右，实验室的液体排放必须做到：温度低于80℃，有机溶剂必须集中回收处理。

(2) 实验台面 耐腐蚀理化板耐热等级只有140℃左右，必须禁止将电炉等较高温物体直接置于耐腐蚀理化板上使用。

(3) 电器使用 使用电器时，应防止人体与电器导电部分直接接触，不能用湿的手或手握湿物接触电插头。为了防止触电，装置和设备的金属外壳等都应接地线。实验后应切断电源，拔下插头。

1.2.2 化学药品的正确使用和安全防护

(1) 防毒 化学药品都有不同程度的毒性，实验前应了解所用药品的毒性、理化性质和防护措施。①在取、用有毒和易挥发药品时（如硝酸、盐酸、二氯甲烷、苯等），应在有良好通风的通风橱内进行，以免中毒。有中毒症状者，应立即到室外通风处；进行有危险性反应时使用防护装置，戴防护面罩和眼镜。②开启装有腐蚀性物质（如硫酸、硝酸等）的瓶塞时，不能面对瓶口，以免液体溅出或腐蚀性烟雾造成伤害，也不能用力过猛或敲打，以免瓶子破裂；在搬运盛有浓酸的容器时，严禁用一只手握住细瓶颈搬动，防止瓶底裂开脱落。③苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等蒸气经常吸入会使人嗅觉减弱，必须高度警惕。④有机溶剂能穿过皮肤进入人体，应避免直接与皮肤接触。⑤剧毒药品如氰化物、汞盐、镉盐、铅盐等应妥善保管。

附：美国职业安全与健康事务管理局（Occupational Safety and Health Administration, OSHA）颁布的实验室中常见有致癌变性能的化学物质

乙酰胺、石棉、1-氮杂环丙烯、苯、联苯胺、4-氨基联苯、双（2-氯乙基）硫、双（氯甲基）醚、四氯化碳、氯仿、三氧化二铬、香豆素、重氮甲烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、1,2-二溴乙烷、硫酸二甲酯、对二氧六环、氨基甲酸乙酯、重氮乙酸乙酯、甲磺酸乙酯、1,2,3,4,

5,6-六氯环己烷、胼及其盐类、醋酸铅（二价）、*N*-甲基亚硝基脲、 α -萘胺、4-硝基联苯、苯胼及其盐类、多氮联苯、硫代乙酰胺、硫脲、邻甲苯胺、三氯乙烯、氯乙烯。

若按化学物质的类型来分类时，以下几类物质的致癌活性较高。

烷基化试剂、砷及其化合物、偶氮化合物、胼的衍生物、二价铅的化合物、氮代芥子气（ β -氯代胺）、硫代芥子气（ β -氯代硫）、镍和它的化合物、铍及其化合物、镉及其化合物、雌性及雄性激素甾体、*N*-亚硝基化合物、多氯代化合物、多环芳香族胺、多环芳烃。

上述这些物质，在实验室中应尽量少与其直接接触。使用时应戴防护手套并尽量在通风橱中进行操作。其中特别要注意的是苯、四氯化碳、氯仿等常见溶剂。现在实验室中常用甲苯代替苯，用二氯甲烷代替四氯化碳和氯仿，用四氢呋喃代替二氧六环。

（2）防火

① 乙醚、酒精、丙酮、二硫化碳、苯等有机溶剂易燃，实验室不得存放过多，且不可倒入下水道，以免集聚引起火灾。② 金属钠、钾、铝粉、电石、黄磷以及金属氢化物要注意使用和存放，尤其不宜与水直接接触。③ 点燃煤气灯以前要将附近实验台上的易燃溶剂移开，不再使用的火源要随时熄灭。④ 实验前要了解灭火器的位置、种类和使用方法。木头、纸张、纺织品着火时可使用任何灭火器。油类着火时不要用水浇，否则会使火种蔓延。电气设备着火可用二氧化碳灭火器。活泼金属（钠、钾、锂等）和金属氢化物可用黄沙或碳酸钠覆盖灭火。⑤ 一旦发生火灾，不要惊慌失措，应立即采取相应措施：如遇较小范围内火灾，可用湿抹布或其他衣物覆盖火源即可，千万不要扑打，扑打时有风，反而会使火势更旺；若火势较大时，要先切掉电源和煤气，移去易燃物，然后用灭火器灭火。

四氯化碳灭火器，可用以扑灭电器内或电器附近火灾，但不能在狭小和不通风的实验室中应用，因四氯化碳在高温时生成剧毒的光气；此外，四氯化碳和金属钠接触也会发生爆炸。

二氧化碳灭火器，是实验室中最常用的一种灭火器，其钢筒内装有压缩的液态二氧化碳，使用时打开开关，二氧化碳气体即会喷出，用以扑灭有机物及电气设备的着火。使用时一手提灭火器，一手应握在喷二氧化碳喇叭筒的把手上，因喷出的二氧化碳压力骤然降低，温度也骤降，手若握在喇叭筒上易被冻伤。

泡沫灭火器内部分别装有含发泡剂的碳酸氢钠溶液和硫酸铝溶液，使用时将筒身颠倒，两种溶液即反应生成硫酸氢钠、氢氧化铝及大量二氧化碳泡沫喷出。除非大火，否则通常不用泡沫灭火器，因后处理比较麻烦。

无论使用何种灭火器，皆应从火的四周开始向中心扑灭。

若衣服着火，切勿奔跑，用厚的外衣包裹使熄灭。较严重者应躺在地上（以免火焰烧向头部）用防火毯紧紧包住，直至熄灭，或打开附近的自来水开关用水冲淋熄灭。烧伤严重者应立即送医院治疗。

（3）防爆 氢、乙烯、乙炔、苯、乙醇、乙醚、丙酮、乙酸乙酯、一氧化碳、水煤气和氨气等可燃性气体与空气混合至爆炸极限，一旦有热源诱发，极易发生爆炸，应防止以上气体或蒸气散失在室内空气，保持室内通风良好。当大量使用可燃性气体时，应严禁使用明火和可能产生电火花的电气。过氧化物、高氯酸盐、叠氮铅、乙炔铜、三硝基甲苯等易爆物质，受震或受热也可能发生爆炸。强氧化剂和强还原剂必须分开存放，使用时轻拿轻放，远离热源。

（4）防灼伤 除了高温以外，液氮、强酸、强碱、强氧化剂、溴、磷、钠、钾、苯酚、