

YIYAO FENZI SHENGWUXUE SHIYAN JIAOCHENG

医药分子生物学 实验教程

周 勤 主编

中山大学出版社

医药分子生物学实验教程

周 勤 主编

中山大学出版社

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

医药分子生物学实验教程/周勤主编. —广州: 中山大学出版社, 2008. 3
ISBN 978 - 7 - 306 - 03000 - 9

I. 医… II. 周… III. 医药学: 分子生物学—实验—医学院校—教材 IV. Q7 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 177857 号

出 版 人: 叶侨健

责任编辑: 张礼凤

封面设计: 冒 君

责任校对: 宗 华

责任技编: 黄少伟

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 广州市新明光印刷有限公司

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 11.25 印张 274 千字

版次印次: 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1 - 3000 册 定 价: 25.00 元

本书如发现因印装质量问题影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

前 言

分子生物学是一门新兴的前沿学科，其发展日新月异，已迅速渗透到医学、药学和生物学等领域，分子生物学实验技术已随之成为医学、药学和生物学领域研究的先导技术和普遍应用的手段和方法。掌握分子生物学相关知识与技术，成为广大医药研究人员的迫切要求，也是高层次医药人才必备的实验技能和手段。本书正是为适应这种要求而编写的。

本书从基础的实验室安全知识、常规设备的原理及应用和实验室基本技能着手，直到实验技术，作了系统的介绍。实验操作部分可操作性强，实验中的策略与技巧是编写者们长期从事实验教学和研究中积累的经验。实验部分列出了配制试剂时应注意的安全事项，实用性强。原理和附录部分内容详尽，有助于读者理解有关的背景知识。

本书内容简练，层次分明，覆盖面广，基础性和操作性强。

参加本书编写的以青年学者为主。本书汇集了作者多年来从实验教学与研究积累的经验 and 在国外实验室工作的亲身体会，同时参阅了大量文献和相关论著，是一本系统的、实用性强的实验教材。本书在编写过程中得到中山大学药学院微生物与生化制药实验室全体老师和学生的无私帮助，同时得到中山大学实验教学研究改革项目基金资助，在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中错误在所难免，衷心希望各位读者提出宝贵的意见与建议，以使本教材更加完善。

周 勤

2007年9月

内 容 简 介

本书在内容体系上划分为基础部分和学生实验部分。基础部分系统地介绍了实验室安全知识、常规分子生物学仪器操作和实验技术基础知识；学生实验部分则以基因克隆到表达的基本顺序作为主线，分为核酸制备、基因克隆和基因表达三大部分，包括目的基因的分离、RT-PCR、基因克隆、重组筛选、质粒提取、酶切与鉴定、转化以及在大肠杆菌中的表达和检测等21个互为连贯的实验。另外，本书的附录部分汇集了医药分子生物学实验的常用数据和相关技术。

本书可作为高等院校医学和药学专业本科生、研究生实验教材，也可供生命科学相关专业的本科生、研究生、临床实验人员和研究人员参考。

目 录

医药分子生物学实验目的与要求	(1)
医药分子生物学实验学生守则	(2)

上编 基础部分

第1章 实验室安全防护知识	(3)
1.1 化学试剂安全防护知识	(3)
1.1.1 有毒化学试剂	(3)
1.1.2 腐蚀性化学试剂	(3)
1.1.3 易燃易爆化学试剂	(4)
1.1.4 强氧化性化学试剂	(4)
1.1.5 放射性化学试剂	(5)
1.2 辐射防护知识	(5)
1.2.1 基本概念	(5)
1.2.2 辐射防护的基本要求	(6)
1.2.3 辐射防护的基本方法	(6)
1.2.4 放射性同位素的实验室使用基本要求	(7)
1.3 生物安全知识	(7)
1.3.1 生物安全的含义	(7)
1.3.2 微生物危险度评估	(8)
1.3.3 实验室生物安全分级	(9)
1.3.4 安全操作规程和管理制度	(11)
1.4 用电安全及其他安全知识	(12)
1.4.1 安全用电	(12)
1.4.2 使用高压容器的安全防护	(12)
思考题	(12)
第2章 分子生物学实验室标准及功能分区	(13)
2.1 生物学约束	(13)
2.2 物理学约束	(13)
2.3 标准实验室组成	(13)
思考题	(14)

第3章 分子生物学实验室常规仪器设备	(15)
3.1 紫外分光光度计	(15)
3.1.1 相关术语	(15)
3.1.2 分光光度计的基本结构	(15)
3.1.3 分光光度法的测量误差	(16)
3.1.4 测量条件选择	(16)
3.1.5 紫外分光光度法在分子生物学中的应用	(16)
3.2 离心机	(17)
3.2.1 离心分离方法	(17)
3.2.2 离心机分类	(18)
3.2.3 离心机配件——转子的选用	(19)
3.2.4 离心管的选用	(19)
3.3 制水系统	(20)
3.3.1 纯水和超纯水的定义	(20)
3.3.2 国家标准实验用水	(20)
3.3.3 水的纯化方法	(21)
3.3.4 超纯水的制备	(22)
3.4 PCR 仪	(22)
3.4.1 PCR 技术原理	(22)
3.4.2 PCR 仪工作原理	(23)
3.5 凝胶成像系统	(23)
3.6 酶标仪	(24)
3.7 微量移液器	(26)
3.7.1 微量移液器的一般使用步骤	(27)
3.7.2 微量移液使用注意事项	(28)
3.8 pH 计	(28)
3.8.1 PB-20 酸度计的使用方法	(29)
3.8.2 酸度计使用注意事项	(29)
3.9 生物安全柜	(30)
3.10 超净工作台	(30)
3.11 凝胶电泳系统	(31)
3.11.1 电泳分类	(31)
3.11.2 电泳仪的分类	(32)
3.11.3 电泳槽的分类	(32)
3.11.4 电泳仪的一般使用方法及注意事项	(33)
3.12 高压蒸汽灭菌器	(33)
3.13 液氮罐的使用	(34)
思考题	(34)
第4章 实验基本技能与实验室常规基础知识	(35)
4.1 常用器材的清洗处理	(35)

4.1.1	常用器材的清洗	(35)
4.1.2	常用洗涤液	(36)
4.2	实验用品及实验环境的消毒灭菌	(37)
4.2.1	物理方法	(37)
4.2.2	化学方法	(39)
4.2.3	实验环境与其他污染物的消毒	(40)
4.3	细菌接种技术	(41)
4.3.1	接种器具	(41)
4.3.2	液体接种法	(41)
4.3.3	平板接种法	(41)
4.3.4	斜面接种法	(42)
4.3.5	穿刺接种法	(42)
4.4	细菌培养基本技术	(42)
4.4.1	细菌培养概述	(42)
4.4.2	常用细菌培养基	(43)
4.4.3	菌种的保存与复苏	(44)
4.5	细胞培养基本技术	(44)
4.5.1	细胞培养的环境	(45)
4.5.2	细胞培养的基本方法	(46)
4.5.3	细胞计数及活力测定	(46)
4.5.4	细胞的冻存及复苏	(47)
4.5.5	体外培养细胞的分型	(47)
4.5.6	培养细胞生命期	(48)
4.5.7	体外培养细胞的种类和命名	(48)
4.6	实验材料的采集与处理	(49)
4.6.1	血液样品	(49)
4.6.2	细胞样品	(50)
4.6.3	组织样品	(50)
4.6.4	尿液样品	(51)
4.7	试剂及样品的保存	(51)
4.7.1	试剂的保存	(51)
4.7.2	核酸的保存	(53)
4.7.3	酶的保存	(53)
4.8	溶液的混匀	(54)
4.9	实验室污染控制	(54)
4.9.1	化学污染控制	(54)
4.9.2	生物污染控制	(55)
4.9.3	放射性污染控制	(55)
4.9.4	锐器处理	(56)
	思考题	(56)

下编 学生实验部分

第5章 核酸分离纯化	(57)
原理概述	(57)
实验一 真核生物基因组 DNA 制备	(59)
方案一 快速制备组织基因组 DNA	(60)
方案二 全血基因组 DNA 提取	(62)
实验二 琼脂糖凝胶电泳	(65)
实验三 总 RNA 的提取和电泳	(70)
方案一 经典法 (异硫氰酸胍 - 酸酚法)	(70)
方案二 Trizol 法	(72)
实验四 RT - PCR	(75)
一、逆转录 (RT)	(75)
二、PCR	(76)
实验五 琼脂糖凝胶回收 DNA 片段	(83)
思考题	(84)
第6章 基因克隆	(85)
6.1 分子克隆策略	(85)
原理概述	(85)
实验六 体外重组: 目的基因与载体的连接	(91)
实验七 感受态细胞的制备及转化	(93)
6.2 重组体阳性克隆的筛选与鉴定	(95)
原理概述	(95)
实验八 重组质粒转化大肠杆菌的初步筛选	(98)
实验九 质粒的小量制备	(100)
实验十 限制性内切核酸酶的酶切与鉴定	(103)
实验十一 重组子的原位杂交	(106)
实验十二 Southern 印迹	(108)
思考题	(111)
第7章 基因表达	(112)
7.1 表达系统的选择	(112)
原理概述	(112)
实验十三 重组质粒在原核生物中的诱导表达	(115)
7.2 表达检测鉴定与蛋白纯化	(117)
原理概述	(117)
实验十四 蛋白质样品制备	(119)
实验十五 蛋白质的定量	(121)
实验十六 SDS - PAGE 蛋白质电泳	(124)

实验十七 Western Blotting	(129)
实验十八 免疫沉淀法检测表达蛋白	(132)
实验十九 免疫荧光抗体法检测表达蛋白	(134)
实验二十 免疫组化	(136)
实验二十一 Ni^{2+} 柱亲和层析分离纯化带 (His) ₆ 标签的重组蛋白	(139)
思考题	(141)
附录	(142)
附录1 核酸及蛋白质数据	(142)
附录2 分子克隆中常用缓冲液与试剂的配制	(145)
附录3 常用储存液的配制	(152)
附录4 细菌培养基与抗生素	(156)
附录5 常用酶的配制	(158)
附录6 溴化乙锭 (EB) 的净化和处理	(160)
附录7 常用试剂的作用原理	(162)
附录8 常用试剂与仪器供应商清单	(165)
主要参考文献	(166)

医药分子生物学实验目的与要求

- (1) 通过实验验证理论，使学生的理论知识和概念得到巩固和深化。
- (2) 通过动手操作，使学生得到全面的基本操作技术的训练。
- (3) 培养学生独立操作、独立思考、分析问题和解决问题的能力。
- (4) 培养学生严谨科学的工作态度和作风，培养学生的创新能力和科研能力。

医药分子生物学实验学生守则

(1) 实验前必须认真预习实验内容，明确本次实验的目的和要求，掌握实验原理，写好实验预习报告。

(2) 进入实验室应穿白大衣，离开实验室时须脱下并放回原处。不必要的物品不得带入实验室，必须带入的书籍和文具等应放在指定的非操作区，以免实验材料受到污染。

(3) 实验室内严禁吸烟、饮水和进食，实验时应自觉遵守纪律，保持室内安静，不得大声说笑和喧哗。

(4) 严格遵守实验室各项安全守则。易燃液体不得接近明火和电炉，凡产生烟雾、有害气体和不良气味的实验，均应在通风条件下进行。

(5) 实验时应认真如实做好实验记录，实验完毕，及时整理数据，按时完成实验报告。

(6) 实验过程中发生差错或意外事故时，应立即报告老师，不得隐瞒或自作主张，不按规定处理。

(7) 爱护实验室内仪器设备，严格按操作规则使用仪器设备。如不慎损坏了器材等，应主动报告老师进行处理。

(8) 节约使用实验材料。实验废弃物的处理，应严格执行生物安全管理规定，不得随意将被污染的培养液直接倒入水池，严禁将生物垃圾混入普通生活垃圾。

(9) 实验完毕，应将物品放回原处并将桌面整理干净。

上编 基础部分

第 1 章 实验室安全防护知识

1.1 化学试剂安全防护知识

在分子生物学实验室中可以说是危机四伏，着火、爆炸、中毒、触电的危险时刻存在。因此，每一位实验人员都必须要有安全的安全意识，掌握有关的防范措施和防护救治知识，可以保证在意外发生时，能及时正确处理，以防意外（事故）进一步扩大。

为安全起见，在使用化学试剂之前，必须对其安全性能，包括是否有毒，是否有腐蚀性，是否易燃易爆，是否有强氧化性，是否有放射性等要有一个全面的了解，这样在使用时才能有针对性地采取一些安全防范措施，以避免使用时由于操作不当对实验人员及实验设备造成危害。下面将按化学试剂的安全性能分类，对各类化学试剂使用中的注意事项分别加以简单介绍。

1.1.1 有毒化学试剂

一般的化学试剂对人体都有毒害，有毒化学药品可通过呼吸道、消化道和皮肤进入人体而使人发生中毒现象。一些化学试剂若被吸入或食入少量即能中毒致死（生物试验中致死量（LD₅₀）在 50 mg/kg 以下的称为剧毒化学试剂），如氰化钾、氰化钠及其他氰化物、三氧化二砷及某些砷化物、二氯化汞及某些汞盐、二甲酯等。使用性能不清楚的化学试剂时，一定要了解它的 LD₅₀。对一些常用的剧毒化学试剂，一定要掌握这些试剂中毒时的急救处理方法。剧毒化学试剂要有专人保管，严格控制其使用量。

常用有毒试剂使用注意事项：①实验前应充分了解所用药品的性能和防护措施；②使用有毒气体（如 H₂S，Cl₂，Br₂，NO₂，HCl，HF）应在通风橱中进行操作；③苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等蒸汽经常久吸会使人嗅觉减弱，必须高度警惕；④有机溶剂能透过皮肤进入人体，应避免直接与皮肤接触；⑤剧毒药品如汞盐、镉盐、铅盐等应妥善保管；⑥实验操作要规范，离开实验室时要洗手。

溴化乙锭（EB）和二乙基焦碳酸酯（DEPC）是分子生物学实验中经常要接触的试剂。EB 是一种强诱变剂和致癌性物质，有中度毒性，易挥发，危害较大。在涉及溴化乙锭的操作中，务必戴上手套，实验完毕，手套严禁随便丢弃，须进行净化处理。DEPC 可使各种蛋白质失活，是 RNA 酶的强抑制剂，是一种潜在的致癌物质。涉及 DEPC 的操作应在通风良好的环境下进行，并避免接触皮肤。

1.1.2 腐蚀性化学试剂

腐蚀性化学试剂是指对人体、金属和其他物品能因腐蚀作用而发生破坏现象，甚至引

起燃烧、爆炸和伤亡的液体和固体试剂，如发烟硝酸、发烟硫酸、过氯酸、盐酸、氢氟酸、氯化亚砷、一氯醋酸、醋酐、冰醋酸、乙酰氧、三氯醋酸、甲醛、过氧化氢、苯酚、苛性钾（钠）、氨水、硫化钾（钠）等。腐蚀性化学试剂应密封保存，有条件的宜另外存放。

皮肤、黏膜、眼、呼吸器官接触到任何有强腐蚀性化学试剂时都应及时清洗。在使用前应充分了解接触到这些腐蚀性化学试剂的急救处理方法，如酸溅到皮肤上要用稀碱液清洗，苯酚沾在皮肤上应用酒精冲洗等。

1.1.3 易燃易爆化学试剂

一般将闪点在 25℃ 以下的化学试剂列入易燃化学试剂，它们多是极易挥发的液体，遇明火即可燃烧，闪点越低，越易燃烧。常用闪点在 -4℃ 以下的有乙醚、汽油、苯、乙酸乙酯等。

使用易燃化学试剂时，绝对不能使用明火，也不能直接用加热器加热，一般用水浴加热。这类化学试剂应存放在阴凉通风处，对需要用低温保存的试剂，应使用防爆冰箱。在大量使用这类化学试剂的地方，一定要保持良好通风，所用电器都要具有防爆功能，现场绝对不能有明火。

易燃试剂在激烈燃烧时也可引发爆炸。一些固体化学试剂，如苦味酸、三硝基甲苯、三硝基苯、叠氮化合物等，遇热或明火，极易燃烧或分解，发生爆炸。在使用这些化学试剂时绝不能直接加热，同时要注意周围不能有明火。

某些固体化学试剂遇水即可发生激烈反应，并放出大量热，也可产生爆炸。这类化学试剂有金属钾、钠、锂、钙、氢化铝、电石等等，在使用这些化学试剂时一定要避免它们与水直接接触。

还有些固体化学试剂与氧化剂接触即能发生强烈氧化作用，如黄磷；还有些固体化学试剂与氧化剂接触或在空气中受热、受冲击或磨擦能引起急剧燃烧，甚至爆炸，如硫化磷、赤磷镁粉、锌粉、铝粉等等。在使用这些化学试剂时，一定要注意周围环境温度不要太高（一般不要超过 30℃，最好在 20℃ 以下），不要与强氧化剂接触。

使用易燃易爆化学试剂的实验人员，要穿戴好必要的防护用具，最好戴上防护眼镜。

1.1.4 强氧化性化学试剂

强氧化性化学试剂都是过氧化物或是含有强氧化能力的含氧酸及其盐，如过氧化酸、硝酸铵、硝酸钾、高氯酸及其盐、重铬酸及其盐、高锰酸及其盐、过氧化苯甲酸、五氧化二磷等等。强氧化性化学试剂在适当条件下可放出氧发生爆炸，并且与有机物镁、铝、锌粉、硫等易燃物形成爆炸性混合物，有些遇水也可能发生爆炸，在使用这类强氧化性化学试剂时，环境温度不要高于 30℃，通风要良好，并且不要与有机物或还原性物质共同使用（加热）。

防火防爆注意事项：防止煤气管、煤气灯漏气，使用煤气后一定要把阀门关好；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，切不可倒入下水道，以免积聚引起火灾；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；万一着火，应冷静判断情况，采取适当措施灭火；可根据不同情

况，选用水、沙、泡沫、CO₂ 或 CCl₄ 灭火器灭火。

1.1.5 放射性化学试剂

这类化学试剂具有放射性，包括乙酸铀、硝酸钍等。使用时，一定要按放射性物质使用方法，采取保护措施。必要时，设置放射性废物专用储存室，储存室建造结构应符合放射卫生防护要求，且具有自然通风条件或安装通风设备，出入口设电离辐射标志。从事放射工作的人员，应具备放射安全防护基本知识，在工作前后做好个人卫生防护，工作时必须按规定穿戴好防护用具，如工作服、口罩、胶皮手套、铅围裙、铅手套、铅眼镜等，工作结束后做好个人清洁工作。要养成良好习惯，不在工作场所进食、饮水，不用嘴吹、吸放射性物质。

1.2 辐射防护知识

1.2.1 基本概念

放射性是自然现象。大多数物质的原子核是稳定不变的，但有些物质的原子核不稳定，会自发地发生某些变化，这些不稳定的原子核在发生变化的同时，会发射各种各样的射线，这种现象被称为放射性。放射性物质可分为天然放射性物质（如铀、钍、镭）和人工放射性物质（如一些医疗诊断用放射性示踪剂）。

放射性衰变：指原子核自发地放射出射线后，原子核本身就从一种核素转变成另一种核素的过程。

半衰期：某种原子核的数量因衰变而减少一半所需要的时间。不同核素的半衰期可以相差很大，有的可达 10¹⁰ 年以上。

辐射源：通过发射电离辐射或释放放射性物质而引起辐射照射的一切物质或实体。

放射性同位素：某种发生放射性衰变的元素中具有相同原子序数但质量不同的核素。包括放射源与非密封放射性物质。

放射源：辐射源的一类，特指除研究堆和动力堆核燃料循环范畴的材料以外，永久密封在容器中或有严密包层并呈固态的放射性物质。

非密封放射性物质：非永久密封在包壳或者紧密地固结在覆盖层里的放射性物质。

射线装置：指 X 线机、加速器、中子发生器及含放射源的装置。

辐射源发射出的射线具有一定能量，可以破坏组织细胞，从而对人造成伤害。当人体受到大量射线照射时，可产生头痛、恶心等症状。辐射源发射的射线有 α 射线、β 射线、γ 射线、中子射线等，必须使用专门的仪器才能探测到。不同的射线在物体中穿透能力也各不相同。α 射线的电离作用大，穿透本领小，在空气中的射程只有几个厘米。β 射线离子作用较小，穿透本领大，它在空气中的射程因其能量不同而有较大的差异，一般为几米至几十米。γ 射线是波长很短的电磁波，具有间接电离作用，穿透本领很强，在空气中的射程通常为几百米。放射源包装容器一般都是特殊设计的专用容器，以防对人体造成伤害，大多为球形和圆柱形，一般用铅、铸铁、钢等材料制成。

放射源警示标志：国家标准规定，所有放射性工作场所及放射源的包装容器上都必须

有警示标志。如图 1-1 所示。

1.2.2 辐射防护的基本要求

1. 放射实践的正当化

在进行任何放射性工作时，都应当进行代价和利益的分析，要求任何放射实践，对人群和环境可能产生的危害，比起个人和社会从中获得的利益来，应当是很小的，即效益明显大于付出的全部代价时，所进行的放射性工作才是正当的，值得进行的。

2. 放射防护的最优化

对于来自任一辐射源的照射，在考虑了社会等各种因素之后，个人受照剂量的大小、受照射人数及受照射的可能性均保持在合理地达到尽可能低的水平。这种最优化应该以个人所受剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为条件。

3. 个人剂量限制

剂量就是对个人受到的正常照射的剂量加以限制，防止确定性效应的发生，并使随机效应的发生率控制在合理并足够低的程度。剂量限制只适用于实践所引起的照射，而不适用于医疗照射，也不适用于无任何主要责任方的天然源的照射。这一剂量对于公众照射为每年 1 mSv，对于职业每年 20 mSv。

为了确保在正常情况下的剂量限制得以实现，有必要对个人可能受到的潜在照射危险加以限制，使获准实践项目的所有潜在照射所致的个人危险与剂量限值处于同一数量级水平。

4. 剂量约束和潜在照射危险约束

为了确保剂量限制和潜在照射危险限制的遵守，应该对任一特定源的剂量和潜在照射危险进行约束，使之不大于审管部门对这类源的规定和认可值。

1.2.3 辐射防护的基本方法

1. 时间防护

对于相同条件下的照射，人体接受的剂量与照射的时间成正比。因此，减少接受照射的时间，可以明显地减少吸收剂量。

2. 距离防护

对于点源，若不考虑介质的散射和吸收，它在相同方位角的周围空间所产生的直接照射剂量与距离的平方成反比。

3. 物质屏蔽

射线与物质发生作用，可以被吸收和散射，即物质对射线有屏蔽作用。对于 γ 射线和 X 射线，用原子序数高的物质（如铅）效果较好；对 β 射线，则先用低原子序数的材料（如有机玻璃）阻挡 β 射线，再在其后面用高原子序数的物质阻挡激发的 X 射线；对中子的屏蔽可使用富含氢原子的材料（如水和石蜡）；对 α 射线的屏蔽很容易，在体外，它基本上不会对人体造成危害，但它的体内照射危害特别严重。



图 1-1 放射源警示标志

除了上述措施外，在满足需要的情况下，应尽量选择活度小、能量低、容易防护的辐射源。

1.2.4 放射性同位素的实验室使用基本要求

工作期间必须穿工作服，戴防护手套，在相应的防护条件下操作；放射性同位素操作需在盛有吸水纸的托盘上进行。使用挥发性试剂要在通风橱内进行。操作不同放射性同位素应在相应的实验室内进行。实验过程中不得在无关实验室间随意走动。严禁在实验室内饮水、进食、吸烟、任何口吸法操作或鼻嗅放射性制剂。穿戴工作手套切勿触碰与实验无关的物件，以防止被污染。发生放射性污染要及时向实验室责任人报告，并及时清理去污。应严格区分放射性与非放射性用具及设备，不得将不同被污染的器皿放入同一清洁池内。实验完毕，应清理实验用品，处理放射性废物，清除放射性污染。废弃试剂依据标准，可采用储存衰变法、稀释排放法、焚烧浓缩法处理。

1.3 生物安全知识

生物安全防范是指人们对于由动物、植物、微生物等生物体给人类健康和自然环境可能造成不安全的防范。从实验室研究到产业化生产，从技术研发到经济活动，从个人安全到国家安全，都涉及生物安全性问题，它包括：①外来物种迁入对生态系统的不良改变或破坏；②人为造成的环境剧烈变化，危及生物的多样性；③科学研究生产和应用中，经遗传修饰的生物体和危险的病原体等可能对人类健康、生存环境造成的危害。

1.3.1 生物安全的含义

生物安全的概念有狭义和广义之分。狭义生物安全是指防范由现代生物技术的研究、开发和应用所产生的负面影响对生物多样性、生态环境及人体健康可能构成的危险或潜在风险。特别是各类转基因活生物体释放到环境中，可能对生物多样性构成潜在威胁。

广义生物安全是指防范与生物有关的各种因素对社会、经济、人类健康及生态环境所产生的危害或潜在风险。它不仅针对现代生物技术的研究、开发和应用，还涵盖了狭义生物安全的概念并且包括了更广泛的内容，大致分为三个方面：一是指人类的健康安全；二是指人类赖以生存的农业生物安全；三是指与人类生存有关的环境生物安全。因此，广义生物安全涉及到多个学科和领域，如预防医学、环境保护、植物保护、野生动物保护、生态、农药、林业等。

在广义生物安全里，与生物有关的各种因素主要有三种因素：一是天然的生物因子，主要包括动物、植物和微生物，其中由微生物特别是致病性微生物所导致的安全问题，如生物武器、生物恐怖、重大传染病的暴发流行等，是人类社会所面临的最重要、最现实的生物安全问题；二是转基因生物，主要包括转基因动物、转基因植物和转基因微生物；三是生物科学研究开发应用。科学家为预防控制疾病而进行微生物和生物医学研究时，或人们利用生物技术进行其他研究时，如果防范措施不严，就有可能出现意想不到的安全问题。国内外由各种因素引发的生物安全问题造成对人类和生态环境危害的事例不胜枚举，而本章节讨论的生物安全主要是指实验室里可能引发的生物安全问题。