



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



核 技 术

农 业 应 用 实 验

● 陈祖义 主编

● 农科类各专业用

农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材

核技术农业应用实验

陈祖义 主编

(农科类各专业用)

农业出版社

430631

(京)新登字060号

S124

7.9

全国高等农业院校教材
核技术农业应用实验

陈祖义 主编

* * *

责任编辑 毛志强

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 通县曙光印刷厂印刷

787×1092mm32开本 6.875印张 146千字

1994年5月第1版 1994年5月北京第1次印刷

印数 1—2,000册 定价 3.30元

ISBN 7-109-03032-6/S·1941

主编 陈祖义 (南京农业大学)
编者 李春兰 (北京农业大学)
张永熙 (浙江农业大学)
黄世乐 (南京农业大学)
米春云 (南京农业大学)

解 决 问 题 的 途 径

本书内容包括核素放射性测量、核素示踪农业应用技术、核辐射农业应用技术和应用放射性测量仪器测定生物化学发光等四个部分,共35个实验组成。第一部分,按放射核素衰变规律及其射线的物理性质,侧重于不同的放射性探测仪器及其放射活度测量方法;第二、三部分,涉及核素示踪技术和核辐射技术农业应用的基本方法;第四部分,按生物发光和化学发光分析的原理和方法,应用放射性测量仪器测定生物的超弱发光和酶活性的基本操作。

本书可作为农业院校本科生、研究生的核技术农业应用课程实验指导书,也可供从事核技术农业应用科技人员参考。

前 言

核科学技术，它是包括核物理学、核化学、射线探测技术、放射防护学和应用技术等多种学科组成的学科群体。核技术在农业科学中的渗透与结合主要包括两个方面，其一，是以核素示踪学为理论依据的核素示踪剂的应用；其二，是以辐射生物学为理论基础的核辐射源的应用。随着核科学技术的发展和射线探测仪器、探测方法的不断进步和农业科学研究的不断深入，核技术在农业生物学、农业环境科学、畜禽疾病诊断和食品保藏等领域中的应用日益广泛，成为现代农业生物学研究中不可缺少的实验手段之一。核科学技术与农业科学间的结合已形成一门边缘学科——核农学。为适应我国核农学的教学，推进核技术农业应用的需要，配合《核技术农业应用》课程，我们根据多年的教学和科研实践中引用或建立的若干实验技术与方法，参考国内外有关文献资料，编写了《核技术农业应用实验》。

本书由四个部分共35个实验组成，其一，按放射性核素衰变规律及其射线的物理性质，进行不同计数仪器及其试样放射活度基本测量方法实验；其二，按核素示踪技术农业应用的基本程序，进行放射性核素和稳定性核素（ ^{15}N ）为示踪剂的生物引入、试样制备、试样测量及数据处理等基本操作实验；其三，按核辐射技术农业应用的原理和方法，进行农用钴室现场参观实习和核辐射生物学效应观察等基本操作

实验；其四，按生物发光和化学发光分析的原理和方法，应用放射性测量仪器测定生物的超弱发光和酶活性的基本操作。作为《核技术农业应用》课程的实验指导书使用时，各校可按授课学时，授课学员的专业特点以及实验仪器设备条件进行选用。本书某些实验方法亦可供从事核技术农业应用科研人员参考。

本书由南京农业大学陈祖义负责主编，北京农业大学李春兰承编实验三十、三十一、三十二，浙江农业大学张永熙承编实验一、七、十、十五、十六，南京农业大学黄世乐承编实验十七、二十至二十四，米春云承编实验八、九、二十五、二十六和二十七，其余实验均由陈祖义承编。

本书选编内容试图能紧密配合讲课，加强学员实践技能培养，拓宽知识面，编写力求科学性、先进性和实用性；但由于核技术涉及的学科面宽，农业中应用领域又广，新的实验技术和方法不断更新，限于水平，错漏难免，希望同行们在使用过程中指正和批评。

本书承蒙浙江农业大学陈子元教授审阅，敬致谢意。

编 者

1992.11.

目 录

前言

第一部分	核素的放射物理学基础	1
实验一	定标器的使用和G-M计数管特性曲线的测定	1
实验二	核衰变的统计规律及放射性测量结果的处理与 误差表示	6
实验三	液体闪烁计数器的使用及测样的淬灭校正 (计数效率测定)	13
实验四	^{14}C 低能 β 射线测量方法比较	25
实验五	固体闪烁计数器及其使用方法	28
实验六	^{32}P 试样的测量方法	32
实验七	辐射防护及放射性污染的去除方法	37
第二部分	核素示踪农业应用技术	45
实验八	叶片光合同化 $^{14}\text{CO}_2$ 标记作物的方法	45
实验九	标记植株(或叶片)的放射自显影	49
实验十	应用 ^{32}P 示踪剂测定作物的磷代谢	52
实验十一	^{125}I 标记DNA探针及其膜上分子杂交	56
实验十二	同位素交换分析法测定土壤活性磷(E值)	66
实验十三	土壤薄层析放射自显影法及标记农药在土 壤中移动性测定	71
实验十四	放射呼吸测定法	74
实验十五	应用标记农药测定其在昆虫表皮的穿透性和 体内分布	78

目 录

实验十六	应用标记农药测定其在作物中的吸收与分布	82
实验十七	放射免疫分析法测定昆虫蜕皮激素	87
实验十八	应用示踪剂—模拟生态系统检测农药的环境 行为	93
实验十九	应用 ^{14}C 研究植物病斑部对光合产物的积累	98
实验二十	应用 ^{32}P 研究其在小白鼠体内的分布	100
实验二十一	应用 ^{32}P (或 ^{51}Cr) 标记红细胞及动物血容 量的测定	103
实验二十二	^{125}I 标记血清白蛋白及其标记率测定	108
实验二十三	放射免疫分析法测定动物甲状腺素 (固相双 抗法)	112
实验二十四	^{14}C -氨基酸在大白鼠离体肝脏薄片中的 代谢测定	117
实验二十五	组织 (细胞) 切片放射自显影	121
实验二十六	光谱分析法测定 ^{15}N 丰度及其测样的制备 方法	126
实验二十七	质谱分析法测定 ^{15}N 丰度	133
实验二十八	应用 ^{15}N 测定土壤脱氮活性	137
第三部分	核辐射农业应用技术	141
实验二十九	农用钴室及其辐照方法	141
实验三十	核辐射对细胞有丝分裂的影响 (染色体 畸变)	146
实验三十一	核辐射对种子自由基含量的影响	151
实验三十二	蘑菇的辐射保鲜	154
第四部分	核仪器测定生物发光和化学发光技术	159
实验三十三	生物组织的超弱发光测定	159
实验三十四	生物化学发光分析法测定过氧化物酶的 活性	163
实验三十五	应用抑制化学发光法测定超氧化物歧化酶	

(SOD) 的活性	168
附录:	176
一、常用放射性核素特征表	173
二、常用放射性核素衰变校正表	178
三、常用液体闪烁液配方表	196
四、 ^{15}N 光谱分析峰高比(R值)与 ^{15}N 丰度(原子%) 关系表	193
五、放射性沾染的去除方法	202
六、常用放射性核素的体内最大允许积存量和最大允许 浓度	235
七、本实验教学所需基本材料和仪器	207

第一部分 核素的放射物理学基础

实验一 定标器的使用和G-M计数管特性曲线的测定

一、实验目的

- (一) 了解G-M计数系统的组成,掌握定标器的使用方法。
- (二) 测定G-M计数管的特性曲线,并掌握计数管工作电压的选定及其性能的判别。

二、实验基本原理

G-M计数系统是探测核辐射最简便的计数测量装置。它由G-M计数管、前置放大器和定标器三部分组成,见框图1-1。

G-M计数管的功能是将射线的能量转为可被记录的信号(电压脉冲),为了降低其本底影响,达到正确计数和防护的目的,它安置于屏蔽室(铅室)内的有机玻璃架上;定标器(通用的如FH408型定标器)由低压和高压电源、计数系统等部件组装于机壳内成一体。

G-M计数管的工作原理是利用管内气体电离放电来探测射线,按其外型它有钟罩型和圆柱型二类,按其管内所充猝灭气体的性质又可分为充有机气体的有机计数管和充卤素气

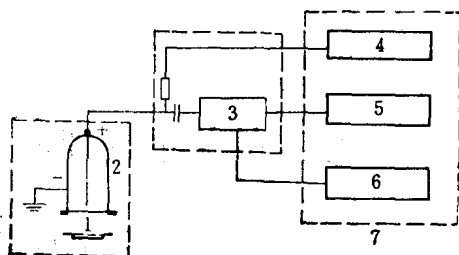


图 1-1 G-M计数系统（器）结构框图

1.放射性试样 2.钟罩型计数管 3.前置放大器 4.高压电源
5.计数系统 6.低压电源 7.定标器

体的卤素管二类，性能比较见表1-1。

表 1-1 有机管与卤素管性能比较

项 目	有 机 管	卤 素 管
管内充的猝灭气体	乙醇，二乙醚等有机气体	溴、氯等卤素气体
工作电压	~1200 V	~ 350 V
坪 长	~ 250 V	~ 100 V
寿 命	~10 ⁸ 计数	>10 ⁸ 计数
温度范围	~ 0—40℃(温度效应大)	~ -10—50℃(温度效应小)

当计数管加上一定的高电压后，射入管内的射线引起气体电离而导致电压变化形成电压脉冲，经前置放大器放大后输入定标器，被分析并记录，由数字显示；反映计数管的特性，通常由其特性曲线（或称坪曲线）来描述。

计数管的坪曲线是指放射源强度不变的情况下，脉冲计数率和加于计数管的电压间的关系曲线，如图1-2所示。

曲线上A点所对应的电压为计数管的起始电压；B点 对

应的电压为阈电压；
曲线BC段称为坪区，
在坪区对应的高压范
围内，计数率随高压
的变化而变化的值甚
小，坪区所对应的电
压差值 ($V_3 - V_1$) 为
“坪长”，坪区范围
内电压每升高 100V，
计数率增加的百分数
为坪的坡度，一般坪

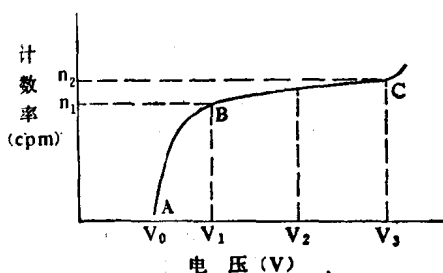


图 1-2 G-M计数管特性曲线*

* 曲线坪区斜率 (坪坡): (%)

$$\frac{n_2 - n_1}{\frac{n_2 + n_1}{2} \cdot \frac{V_3 - V_1}{100}} \times 100$$

坡应在0.01%—0.1%范围内；由坪曲线确定计数管的工作电压，一般选择坪区前端起三分之二或二分之一处所对应的电压为宜。在应用上要求计数管有低的工作电压、长的电压工作区、小的坪坡、长的寿命以及高的计数效率。实际使用中，由于计数管的特性会随使用因淬灭气体消耗和贮存不妥而改变，表现在阈电压升高，坪长缩短，坪坡增加，甚至出现连续放电。因此，为保证计数管工作电压位于坪区，每次使用时，都必须进行检查，确定或调整工作电压。

基于放射源与计数管窗间有一定距离所形成的立体角的变化可直接影响计数，因此，使用时应严格保持测样几何位置相对一致；为保护计数管，要严格防止高压升至坪区上缘而导致连续放电。

三、实验材料和仪器

β 放射源 (计数率约为2000cpm), G-M计数系统一套 (包括FH408定标器、前置放大器、G-M计数管和铅室)。

四、实验步骤

(一) 定标器的使用

(1) 按图1-1, 将计数管(注意正负极)、前置放大器和定标器联接好。

(2) 熟悉定标器面板各功能件, 并将“高压极性”旋钮置于正高压处, “电源”和“高压”开关都断开; 将“高压细调”钮反时针旋至底; 将位于定标器后侧面的“高压量程”选择按计数管型号所需工作电压置于相应档(1kV或2kV)。

(3) 插上电源插头, 打开电源开关, 预热5 min, 按“复位”键, 使各数码管显示零。

(4) 定标器自检: 将“检验/工作”置于“检验”位置; “操作选择”置于“自动”位置; “时间选择”顺序变换, 每变换一次测量时间, 即按下“计数”键, 利用定标器内设的自检信号(电源频率3000次/s)检查计数系统工作是否正常, 当“时间选择”置于10°位置, 系统工作正常时则数码管应显示出300000次。改变测量时间则计数相应增加, 表明定标器处于正常状态。(若实测值与理论值差异较大时, 表示定标器电路不正常, 需查明原因并排除故障后方可使用)。

(二) 计数管“坪曲线”的测定

(1) 将定标器的甄别电压调至较低的阈值; “检验/工作”开关置于“工作”档。

(2) 将 β 放射源置于铅室内计数管架的托板上。

(3) 按“计数”键, 使定标器处于计数状态; 打开“高压”开关, 用高压调节钮, 缓慢升高电压, 直到显示出

有计数，记下相应的电压值，此时的高压值即为起始电压 (V_0)。

(4) 继续升高电压一定刻度 (每次约20V)，分别测得计数 (重复测量2—3次，每次1min)，当电压升高而计数率增加不多时，表明已处于“坪区”；当继续升高电压而计数率出现明显递增时，表明已处于坪区的上缘，(即曲线的C点) 此时应立刻降下高压，终止测定，避免因连续放电而损坏计数管。将各次测量的高压值及测得的相应计数值分别记录于表1-2。

表 1-2 G-M计数管坪曲线测定记录

定标器型号:

计数管型号及编号:

电压值 (V)	测量时间(t) (min)	总计数(N) (计数)	计数率(n) (cpm)	计数率的标准误差 $\pm\sqrt{n/t}$

(5) 测定完毕后，先将定标器的“高压细调”逆时针旋至最低位，然后依次关“高压”和“电源”开关；取出铅室内放射源并妥善保存。

五、实验结果与分析

(一) 坪曲线测定结果

430631

(二) 根据上表结果用直角坐标纸以电压值为横坐标, 计数率为纵坐标(要求把各点的标准误差值相应标出) 绘制计数管的坪曲线, 并由曲线确定该计数管的各项特性指标: 起始电压、阈电压、坪长、工作电压、坪坡(斜率)。

(三) 讨论

1. 计数管为什么应安置于铅屏蔽室内?
2. 为什么使用计数管升高电压时必须先按下计数键使之处于计数状态? 当计数管出现计数突然递增(连续放电现象)时为什么要立即降下电压? 仅按下定标器的“停止”键是否可以? 为什么?
3. 计数管的工作电压为什么应选在坪的中部? 工作一段时间后为什么要重新确定其工作电压值?

参 考 文 献

1. 高等学校试用教材, 《核辐射测量》, 原子能出版社, 1983, 243—246。
2. 王福钧, 农学中同位素示踪技术, 农业出版社, 1989, 31—32。
3. 国际原子能机构技术报告丛书第171号, 作物和土壤示踪教程, 原子能出版社, 1980, 72—73。

实验二 核衰变的统计规律及放射性测量结果的处理与误差表示

一、实验目的

- (一) 了解放射性核素衰变的统计规律。

(二) 学习放射性测量结果的误差表示方式。

(三) 了解测量时间和重复测量次数对计数误差的影响。

二、实验基本原理

基于放射性核素衰变是一种随机的过程, 对一个长寿命的放射性物质在相同时间间隔内作重复的测量时, 即使条件相同, 每次测量结果是不尽相同的, 然而, 每次测得的结果都是围绕平均值上下涨落, 这就是核衰变的统计规律。因此, 实验测得的计数它不是代表真正的核衰变数, 它必须按统计学原理进行处理。实验证明, 当 t 时间内核衰变(计数)的平均值较小($\bar{n} < 10$)时, 则核衰变数为 n 出现的几率 $p(n)$ 服从统计规律中的泊松分布; 当核衰变的平均值较大($\bar{n} > 16$)时, 则接近高斯分布, 即各次计数与平均值的偏差($n \pm \bar{n}$)对于 $\bar{n}$ 轴线而言具有对称性, 而绝对值大的偏差出现的几率小。基于这些规律, 要得到样品放射性的真值就需“无限”多次的测量求得平均值, 这在实际工作中是不可能的, 通常是在有限的时间内测量1次或数次求平均值, 把这平均值 $\bar{n}$ 看作最可靠的值, 并用它来表示样本放射性强度, 而把涨落带来的误差称作测量的统计误差。

放射性测量结果的误差表示方法有多种:

(一) 一次测量结果的误差表示: 通常采用标准误差(σ), 即在 t 时间内测得的总计数为 N , 其可能发生的测量误差为 $\pm\sqrt{N}$, 它是一种表示样本均数的离散(或变异)程度的一个指标值, 即在相同条件下重复作同样测量时该计数有68.3%的几率会落在 $N - \sqrt{N}$ 和 $N + \sqrt{N}$ 的范围内, 对测量结果则写成 $N \pm \sqrt{N}$ 。标准误差小, 说明计数的变异程度