

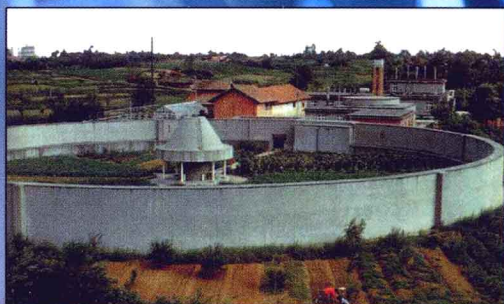


普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等农林院校生命科学类系列教材

核技术生物科学及 农业应用

第 2 版

李国桂 陈 光 主编



中国林业出版社

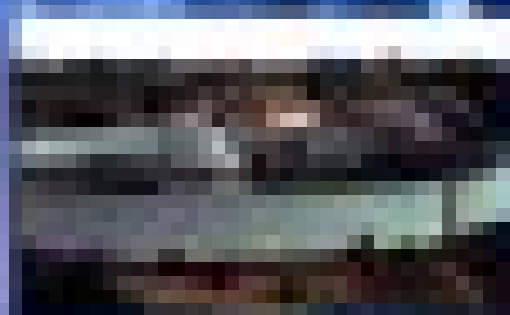


中华人民共和国农业部
中华人民共和国水利部
水利部成都山地所

水土保持科学

农业应用

1999年 第 1 卷 第 1 期



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等农林院校生命科学类系统教材

核技术生物学及农业应用

第2版

李国柱 陈 光 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

核技术生物科学及农业应用/李国柱,陈光主编. -2版. -北京:中国林业出版社, 2010.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高等农林院校生命科学类系列教材

ISBN 978-7-5038-5883-3

I. ①核… II. ①李… ②陈… III. ①核技术应用-生物学-高等学校-教材 ②核技术应用-农业科学-高等学校-教材 IV. ①Q-05 ②S124

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 148586 号

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

E-mail cfphz@public.bta.net.cn 电话 83222880

网址 www.cfph.com.cn

发行 中国林业出版社

印刷 北京北林印刷厂

版次 2005年9月第1版

2010年8月第2版

印次 2010年8月第2次

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 17.5

字数 380千字

印数 1~5000册

定价 28.00元

高等农林院校生命科学类系列教材

编写指导委员会

顾 问：谢联辉 朱之悌

主 任：尹伟伦 董常生 马峙英

副主任：林文雄 张志翔 李长萍 董金皋 方 伟 徐小英

编 委（以姓氏笔画为序）：

马峙英	王冬梅	王宗华	王金胜	王维中	方 伟
尹伟伦	朱之悌	关 雄	刘国振	张志翔	张志毅
李凤兰	李长萍	李生才	李俊清	李国柱	李存东
杨长峰	杨敏生	林文雄	郑彩霞	胡德夫	郝利平
徐小英	徐继忠	顾红雅	蒋湘宁	董金皋	董常生
谢联辉	童再康	潘大仁	魏中一		

《核技术生物科学及农业应用》

(第2版)

编 写 组

主 编 李国柱 陈 光

副主编 李合松 米春云 崔德芳

编著者 (以姓氏笔画为序)

申慧芳 (山西农业大学)

朱旭东 (南京农业大学)

孙 旻 (吉林农业大学)

米春云 (南京农业大学)

陈 光 (吉林农业大学)

李合松 (湖南农业大学)

李国柱 (山西农业大学)

崔德芳 (山西农业大学)

葛才林 (扬州大学)

彭志红 (湖南农业大学)

出版说明

进入 21 世纪以来, 生命科学日新月异, 向人们展现出了丰富多彩的生命世界及诱人的发展前景, 生命科学已成为高等院校各相关专业关注的焦点, 包括理科、工科和文科在内的各个学科相继酝酿、开设了与生命科学相关的课程。为贯彻和落实教育部“十五”规划高等学校课程体系改革的精神, 满足农林院校中生物专业和非生物专业教学的需要, 中国林业出版社与北京林业大学、福建农林大学、山西农业大学、河北农业大学、浙江林学院等院校共同组织了各院校相关学科的资深教师编写了这套适合于高等农林院校使用的生命科学类系列教材, 并希望成为一套内容全面、语言精练的生命科学的基础教材。

本系列教材系统介绍了现代生命科学的基本概念、原理、重要的科学分支及其研究新进展以及研究技术与方法。我们期望这套系列教材不仅可以让农林院校的学生了解生命科学的基础知识和研究的新进展, 激发学生们对生命科学研究的兴趣, 而且可以引导他们从各自的研究领域出发, 对各种生命现象从不同的角度进行深入的思考和研究, 以实现各领域的合作, 推动学科间的协同发展。

近几年来, 各有关农林院校的一大批长期从事生物学、生态学、遗传学以及分子生物学等领域的教学和科研工作的留学归国人员及骨干教师, 他们在出色完成繁重的教学和科研任务的同时, 均亲自参与了本系列教材的编撰工作, 为系列教材的编著出版付出了大量的心血。各有关农林院校的党政领导和教务处领导对本系列教材的组织编撰都给予了极大的支持和关注。在此谨对他们表示衷心的感谢。

生命科学的分支学科层出不穷, 生命科学领域内容浩瀚、日新月异, 且由于我们的知识构成和水平的限制, 书中不足之处在所难免, 恳请广大读者和同行批评指正。

高等农林院校生命科学类系列教材
编写指导委员会
2004 年 5 月 18 日

第2版前言

随着科学技术的飞速发展,核技术在生物科学以及农业中的应用越来越广泛,对农业生物科学、农业生产和农业科学技术的发展产生了深刻的影响,也是近代农业生物科学技术发展的一个重要标志。

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在编写过程中结合参编院校的教学实践、教学经验,在修订时对原来的部分内容做了适当的调整和补充。既可作为农林院校生物类、大农学类专业的教材,也可供其他专业的学生及研究生、教师 and 科技工作者参考。

本教材的主要内容包括核物理基础知识;探测核射线的仪器、工作原理以及方法;放射防护的有关基础知识;放射性核素和稳定性核素的示踪技术和测量技术;食品辐照保藏;辐射诱变育种以及核技术在农业生物科学各领域中的应用与研究。书中基本概念力求论述准确,深度适中,以达到拓宽基础、开阔视野、提高学生科学素养和能力培养的目的。

本教材由山西农业大学、吉林农业大学、南京农业大学、湖南农业大学和扬州大学农学院5所高等院校共同编写,山西农业大学李国柱教授和吉林农业大学陈光教授担任主编。本书共分十章:参加本书编写的有山西农业大学李国柱(绪论、第七章、附录),南京农业大学米春云、朱旭东(第一、二章),湖南农业大学李合松、彭志红(第三、四章),吉林农业大学陈光、孙旻(第五章1~3节、第八章),扬州大学葛才林(第五章第4节),山西农业大学崔德芳(第六章)和申慧芳(第九、十章)。全书由主编修改统稿。

本书在编写过程中承蒙吴殿武教授对该教材提出许多宝贵意见,山西农业大学教材科许大连同志对本书出版付出辛劳,特此致谢。限于编著者水平和经验有限,书中不足之处在所难免,恳请同行和广大读者予以批评指正。

编 者
2010年6月

第1版前言

随着现代科学技术的迅猛发展,原子核科学技术与农业、生物科学技术相互渗透和相互结合,逐步发展成为一门综合性的新兴的交叉学科。核技术在农业生物领域中的广泛应用,对农业生物科学、农业生产和农业科学技术的发展产生了深刻的影响,是近代农业生物科学技术发展的一个重要标志。

为了能将核技术在生物科学及农业领域中的新进展、新成果及时介绍给学生,我们组织编写组集中讨论制定了《核技术生物科学及农业应用》一书编写大纲,根据各编著者学术上的专长,分别编写各有关章节。编写本教材总的指导思想是:根据农林院校生物类、大农学类学科发展的要求,结合本学科的特点,尽可能使书中的内容成为一个完整的丰富的体系,既要兼顾学科之间知识的相互交叉和相互渗透,又要使学生掌握核技术在生物科学及农业各学科应用的基础知识、基本理论和基本技能。

本教材的编写是结合参编院校的教学实践,并吸取国内主要农业院校教学经验的基础上编写的。既可作为农林院校生物类、大农学类专业的教材,也可供其他专业的学生及研究生、教师和科技工作者参考。

本教材共分八章:第一、二章介绍的内容主要包括核物理基础知识,探测核射线的仪器、方法以及工作原理;第三、四、八章主要从示踪技术的基本原理、分析手段及方法进行了阐述,并尽可能地反映核技术在生物科学及农业应用研究方面的新成果、新进展;第五章核辐射防护以介绍基本理论、基础知识为主;第六、七章从核辐射技术的基本原理、研究手段、应用范围作了阐述。书中基本概念力求论述准确,深度适中,以达到拓宽基础、开阔视野、提高学生科学素养和能力培养的目的。

由于编写时间仓促,加之编著者水平和经验有限,书中难免会有不少缺点和错误,恳请广大读者予以批评指正。

编 者
2005 年 7 月

中国林业出版社
高等农林院校生命科学类系列教材
已出版书目

序号	书 名	著译者	估价
1	植物学（南方本）（第2版）	许鸿川主编	38.00 元
2	植物学实验技术（第2版）	许鸿川主编	23.00 元
3	植物学学习指导（第2版）	许鸿川主编	26.00 元
4	景观植物学	李景侠、康永祥主编	35.00 元
5	真菌学	贺运春主编	39.00 元
6	食用菌栽培学	童应凯、王学佩、 班立桐主编	29.50 元
7	应用微生物学（第2版）	洪坚平主编	31.00 元
8	微生物学实验	胡开辉主编	25.00 元
9	基础生物化学（第2版）	王金胜主编	32.00 元
10	基础生物化学学习指导（第2版）	王冬梅主编	23.00 元
11	实验化学（第2版）	李清禄、何海斌主编	29.00 元
12	核技术生物科学及农业应用（第2版）	李国柱、陈 光主编	26.00 元
13	核技术生物科学及农业应用实验	米春云、李合松主编	13.50 元
14	生物统计学	郭平毅主编	25.00 元

目 录

绪 论	(1)
一、概念、研究对象和内容	(1)
二、发展概况与应用前景	(4)
三、学习核技术应用的方法	(5)
第一章 原子核物理基础	(7)
第一节 原子核、核素与同位素	(7)
一、原子和原子核	(7)
二、核素、同位素、同质异能素	(8)
第二节 放射性核衰变	(8)
一、核衰变	(8)
二、核衰变的类型	(9)
三、核衰变规律	(12)
四、放射性活度、比活度及浓度	(14)
第三节 射线与物质的相互作用	(14)
一、带电粒子与物质的相互作用	(14)
二、 γ 射线与物质的相互作用	(16)
三、中子与物质的相互作用	(17)
第二章 放射性核素的测量技术	(19)
第一节 放射性测量的基本原理	(19)
第二节 常用仪器及测量方法	(20)
一、盖革-弥勒计数器	(20)
二、固体闪烁计数器	(23)
三、液体闪烁计数器	(25)
四、测量结果的表示	(36)
五、放射性测量数据的误差处理	(37)
第三节 放射自显影技术	(39)
一、放射自显影的基本原理	(40)
二、宏观放射自显影	(46)
三、光学显微放射自显影	(49)

四、电子显微镜放射自显影·····	(54)
第三章 核辐射防护 ·····	(59)
第一节 常用的辐照量·····	(59)
一、照射量及照射量率·····	(59)
二、吸收剂量及吸收剂量率·····	(60)
三、当量剂量及当量剂量率·····	(61)
四、照射量与吸收剂量的换算·····	(62)
第二节 电离辐射对人体的危害·····	(63)
一、辐射效应的分类·····	(64)
二、影响辐射损伤的因素·····	(65)
第三节 辐射防护·····	(66)
一、放射防护标准·····	(66)
二、内、外照射的防护·····	(67)
三、污染去除及废物处理·····	(70)
第四章 核素示踪技术 ·····	(74)
第一节 示踪技术原理及特点·····	(74)
一、核素示踪技术的基本依据·····	(75)
二、核素示踪技术的主要特点·····	(75)
第二节 放射性核素示踪技术·····	(77)
一、常用标记化合物及其制备·····	(77)
二、示踪试验基本程序及方法·····	(82)
三、放射性示踪对环境设施的要求·····	(93)
第三节 稳定性核素示踪技术·····	(94)
一、基本术语·····	(94)
二、稳定性核素示踪试验基本程序·····	(94)
三、稳定性核素的测量方法·····	(96)
第五章 同位素分析方法 ·····	(104)
第一节 同位素稀释法·····	(104)
一、同位素稀释法的原理·····	(104)
二、正同位素稀释法·····	(104)
三、反同位素稀释法·····	(105)
四、连续稀释法·····	(107)
第二节 放射免疫分析技术·····	(108)

一、基本原理	(108)
二、标准曲线的制作	(110)
三、抗血清制备	(115)
四、免疫放射分析操作基本程序	(116)
第三节 中子活化分析	(118)
一、中子活化分析原理	(118)
二、中子活化分析的基本方法	(121)
第四节 示踪动力学	(123)
一、示踪动力学概述	(123)
二、单库室系统	(126)
三、二库室系统	(127)
四、三库室系统	(129)
五、示踪动力学的应用	(133)
第六章 食品辐照保藏技术	(136)
第一节 食品辐照保藏发展简史、应用范围及特点	(136)
一、食品辐照保藏发展简史	(136)
二、辐照食品的应用范围	(138)
三、食品辐照保藏技术的特点	(140)
第二节 辐射效应与辐照保藏原理	(141)
一、食品辐射的化学效应	(141)
二、电离辐射的生物学效应及保藏原理	(147)
第三节 辐照装置及辐照工艺	(155)
一、辐照装置	(155)
二、食品辐照加工工艺	(160)
第七章 辐射育种技术	(165)
第一节 辐射诱变育种的含义和基本特点	(165)
一、辐射诱变育种的含义	(165)
二、辐射诱变育种的基本特点	(165)
三、诱发突变的类型及育种利用	(167)
第二节 辐射诱变材料的选择及适宜剂量确定	(168)
一、亲本的辐射敏感性	(168)
二、诱变亲本的选择	(171)
三、适宜诱变剂量的确定	(174)

第三节 诱变育种程序及优良突变体的鉴定	(179)
一、种子植物诱变材料的种植与选择	(179)
二、种子繁殖植物优良突变体的鉴定	(182)
三、无性繁殖植物诱变材料的选育程序	(183)
第八章 核技术在植物和动物科学中的应用	(186)
第一节 核技术在植物保护研究中的应用	(186)
一、在昆虫学研究中的应用	(186)
二、在植物病害研究方面的应用	(189)
三、在农药研究中的应用	(192)
第二节 核技术在植物生长发育及生理代谢研究中的应用	(195)
一、植物营养物质的吸收、运转和分配的研究	(196)
二、用 ¹⁴ C 研究高等植物的光合作用	(197)
三、植物根系发育和吸收作用	(200)
第三节 核技术在畜牧兽医研究中的应用	(201)
一、在动物营养中的研究	(201)
二、在动物疾病诊断中的应用	(208)
三、在动物生殖研究中的应用	(211)
第九章 核技术在土壤科学和农业环境保护中的应用	(213)
第一节 核技术在土壤科学中的应用	(213)
一、在土壤有效养分研究中的应用	(213)
二、在化学肥料研究中的应用	(218)
三、中子活化分析在土壤肥料研究中的应用	(222)
第二节 核技术在农业环境研究中的应用	(223)
一、核素示踪技术在农业环境保护中的应用	(224)
二、核辐射技术在农业环境保护中的应用	(228)
第三节 核分析技术在农业环境保护中的应用	(234)
一、中子活化分析法在农业环境保护中的应用	(234)
二、放射免疫分析在农业环境保护中的应用	(235)
第十章 核技术在生物技术中的应用	(237)
第一节 核技术在核酸分子杂交中的应用	(238)
一、核酸分子杂交的一般原理	(238)
二、核酸分子杂交的基本类型	(239)
第二节 核酸探针的放射性核素标记	(240)

一、核酸的标记方法	(241)
二、核酸标记的放射性同位素类型	(241)
三、核酸分子探针的种类	(243)
四、探针的放射性核素标记	(243)
第三节 放射性核素在基因检测中的应用	(247)
一、DNA 序列分析中的应用	(247)
二、外源基因表达研究中的应用	(250)
三、聚合酶链式反应中的应用	(250)
第四节 放射性核素在 DNA 分子标记中的应用	(251)
一、限制性片段长度多态性标记(RFLP)的原因与应用	(251)
二、AFLP 标记技术的应用	(254)
附录一 部分常用放射性核素表	(257)
附录二 放射性衰变计算表($k = e^{\lambda t}$)	(262)
参考文献	(263)

核技术是农业生物学研究最先进的工具之一。随着核素探测仪器和分析方法的飞速发展,核技术应用的重要性日益增长,正广泛地应用于生物及农业科学的各个领域,成为科学研究中不可缺少的有效手段。

核技术生物科学及农业应用是一门重要的生物学技术课程,也是我国高等农林院校生产类专业的主干课程之一,这是由各专业与该课程的密切关系所决定的。要学习好本课程,我们必须首先对这门学科的主要内容、发展趋势、应用领域和学习方法有一个明确的认识,以便为深入学习这门学科和开展相关研究打下坚实的基础。

一、概念、研究对象和内容

核技术生物科学及农业应用是原子核科学技术与生物科学、农业科学技术相结合而形成的一门新兴应用学科。它是以核物理学和核化学为研究手段,借助核仪器分析,对自然界宏观与微观的物质运动、生命物质与生命活动的变化规律进行研究,从而揭示或阐明物质变化的过程和生命现象的本质。核技术在生物科学中的应用,它汇聚了近代核物理学、核化学、辐射化学、放射生物学、辐射遗传学以及现代生物学的最新成就,跻身于现代科学与高新技术之列,是现代农业生物科学技术的重要组成部分。

核技术在农业生物科学中的应用及研究内容非常广泛,但大致可分为核素示踪技术和核辐射技术两部分:

(一) 核素示踪技术

核素示踪技术是利用核素的核特性,即放射性核衰变和稳定性核质量的差异作为信息表达,通过核物理仪器仪表的探测和核化学分析以获取信息,从而揭示生物生命活动的奥秘和阐明自然界宏观与微观物质运动的变化规律,以及农业科学研究和农业生产过程中各种因素的作用机理,为农业生产技术的实施、环境评价及宏观管理提供科学依据。由于核素示踪技术应用于农业的各个领域,现就以下几个方面作简要概述:

光合机理的研究:绿色植物光合作用的最终产物碳水化合物,是一切生命现象的能量源泉。利用示踪技术研究其整个代谢过程是光合作用基础理论的重要组成部分。例如卡尔文(Calvin)等人用 $^{14}\text{CO}_2$ 作示踪剂,揭示植物光合作用的实质,阐明光合作用的最初产物、受体及各种中间产物;用 $^{14}\text{CO}_2$ 作示踪剂,测定植物光合速率、研究绿色植物光合产物的形成、积累、运输及其运输途经、运转

的形态和种类、运转速率、分配与再分配等，对加强管理，提高光合产物利用率具有十分重要的意义。

肥料吸收利用率的研究：作物要通过根系从土壤中吸收水分和养分，如何能做到有效的利用，这是肥料研究的重要课题之一。应用核素示踪技术对肥料（常量和微量）的吸收利用、土壤中的残留、科学施肥的最佳配方、最佳时期和施肥用量等的研究，为促进农作物增产，改良土壤特性，提供重要依据，并在实践中收到了可观的经济效益。例如应用 ^{15}N 示踪技术试验表明，水稻氮肥“一次耕层基施”，可使氮肥利用率提高10%~20%，平均增产5%~12%，累计推广面积已达 $47 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，增产 $16.5 \times 10^8 \text{ kg}$ ，获经济效益达5.7亿元。

矿质营养元素代谢研究：应用 ^{10}B 、 ^{15}N 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{75}Se 、 ^{86}Rb 、 ^{141}Ce 等核素示踪技术探明作物营养代谢和生物固氮机理的某些重大问题，通过核素示踪技术研究了作物的生理生化过程，从而改进了作物的栽培技术，由此获得了非常好的经济效益。

核技术与生物技术的结合：核技术作为重要的研究手段与分子生物学和生物技术的发展始终密切相关，并对生物技术的发展起着巨大的推动作用。如在生物技术中的微生物工程（发酵工程）、酶工程、细胞工程和基因工程的研究中均离不开核素示踪技术的应用，尤其是对分子水平的农业生物遗传工程的研究，核技术提供重要的研究手段和方法，有些是其他技术与方法无法代替的。

例如在现代生物技术中，用标记的DNA或RNA作为探针进行分子杂交，从而观察和认识生命过程的本质及其细微变化，其研究成果的90%是依赖核素示踪技术而完成的。如1982年中国成功地合成了世界上第一个具有生物活性的核糖核酸，也是利用核素示踪技术证实的，从而使核技术在生物科学的研究发展到分子水平。

放射生态及环境保护的研究：我国是世界上最早使用农药防治农作物有害生物的国家之一，化学农药的不合理使用，造成对作物、农产品、水及农业环境的污染，对人畜健康造成严重威胁，此“公害”问题引起国内外的高度重视。利用核素示踪技术研究动植物体中的农药残留、降解和代谢，以及药理药效及各化学物质在生物体内和环境中的动态变化规律，它为合理使用农药等农用化学物质提供理论依据，对保护农业环境，发展农业生产和保障人畜健康发挥了重大作用。

畜禽生殖生理及疾病诊断的研究：核素示踪技术在研究营养物质消化吸收与代谢规律、畜禽生殖生理、病理毒理、临床疾病诊断等方面也取得了重要的成就，例如利用放射免疫分析法（RIA）对奶牛体内孕酮（ P_4 ）含量的快速、高效测定，进行早期妊娠诊断，准确率达90%以上。

（二）核辐射技术

利用核辐射与物质相互作用所产生的物理学、化学和生物学效应，对生命物质进行改造，创造生物新品种（种质），刺激生物增产，杀虫灭菌，利用和保护自然资源等，为国民经济的发展作出了重要的贡献。

（1）植物辐射诱变育种：辐射育种是核技术在农业中应用的主要领域之一，