

激光在农牧业中的应用

敖秀珠 编著

农业出版社



内蒙古大学出版社

内 容 简 介

激光新技术与生物科学、农牧业科技相结合,不断地开拓出一系列科技兴农的现代科技甚至高科技。本书前五章主要叙述激光原理、激光器、激光剂量、激光生物学效应和激光防护等应用激光的基础知识。第六至第十章主要介绍激光在农作物、蔬菜、果树的栽培及育种中;在遗传工程、家禽孵化和家畜繁育中的应用进展、机理、效果和方法。最后两章是激光生物检测分析技术和激光全息照相。本书可供从事激光生物、激光农牧业应用研究的专业人员、农牧业科技及管理人员参考,亦可作为高等院校农学、园艺、畜牧、草原、生物、激光和物理等专业的大学生及研究生作为开设选修课的教学参考书。

序

农业既包括种植业,又包括养殖业。它不仅是国民经济的基础,还是直接关系国人温饱的大事。因此,必须把农业作为最重要的问题解决好。然而,如何才能使农业很好地向前发展呢?众所周知,要依靠政策,依靠科学,依靠投入,亦即科技进步乃是一重要因素。

激光是 20 世纪诞生的新技术,至今才 30 周年。它在农业中应用的历史虽然不长,然而效果却相当显著。它不仅对促进当代农作物增产、早熟,诱变育成小麦、水稻、蔬菜等新品种或新品系方面取得了很多成果,有的新品种还已大面积推广,而且对提高农畜精液品质、提高母牛繁殖力,促进家禽胚胎发育、提高孵化率和成活率等方面也做出了许多成绩。尤其值得提出的是,近几年来在应用激光微束进行细胞融合、染色体切割、外源基因转移等遗传工程中也取得了可喜的进展。

为了促进农业的进一步发展,《激光在农牧业中的应用》出版问世了。它是敖秀珠副教授多年广泛搜

集国内外文献资料、亲自进行科学试验,并在多次为研究生和本科生讲课,指导学位论文及与同行学者交流经验的基础上,系统整理编撰而成的、激光技术与农(牧)业科技相结合的新型专业书。它对推广激光技术在农(牧)业中的进一步应用和对深入研究激光在农(牧)业中应用的机理与新途径的开辟,都将是大有帮助的。

愿共同努力,并使激光技术在种植业和养殖业生产上能发挥更大的作用。

刘震乙

于 1990 年 7 月

刘震乙 中国畜牧兽医学会原学术委员会副主任

内蒙古畜牧学会理事长、教授

内蒙古自治区人民代表大会常务委员会副主任

前 言

《激光在农牧业中的应用》是通过科学实验方法,研究激光技术在农牧业科学和生产中应用的途径、方法、原理、规律和效果的科学技术,也包括对适用的激光仪器的研制。它属新兴边缘科学,涉及多种学科的内容。它既含激光知识,又含生物科学知识;即与普通的农牧类专业学科及专业基础学科直接有关,又与现代生物科学如《细胞生物学》《分子生物学》《分子遗传学》《光生物物理学》等有密切的关系。它不仅可应用于农牧业科学,还可应用于生物基因工程等高科技领域。

激光技术在农牧业中有许多新的重要的应用。至今,在应用基础理论上、实用技术上、仪器研制等,都取得了大量的研究成果。这些成果对农牧业科学的发展,对农牧业生产力水平的提高,都有重要意义。

为了适应当前教学、科研与生产上的需要,为了活跃激光技术在我国农牧业中的开发应用,立意编撰本书。本书是我在广泛收集国内外大量文献资料,学习有关专著,及近几年来从事有关的科研和教学实践的基础上,系统分析整理已有成果,用两年多时间完成的。其特点是:1. 系统性较强,理论与实用并重。2. 内容新颖、丰富,收集了八十年代国内外有关的先进的最新的研究成果。3. 提供的技术先进、实用。4. 资料翔实、信息量大。

本书可供大专院校的农学、园艺、畜牧、草原及生物类专业教学使用;可供有关专业的研究生、大中专教师及研究人员参考;可供广大的农牧业科技及管理人员阅读。

本书的编写与出版曾得到有关教授和专家的帮助与支

持。中国畜牧兽医学会原学术委员会副主任、内蒙古畜牧学会理事长刘震乙教授为本书作序、审阅第九章和第十章,还对全书的章节编排等提出宝贵意见;遗传学副研究员陆仲康审阅了第八章;作物育种学副教授李心文审阅了第七章;另有些同志对本书编写提出过重要建议或提供资料照片或绘制大量插图、表格。我在此表示深深地感谢。

由于激光在农牧业中的应用科学正在发展,速度快、内容广,尚且未见有同类书籍可供借鉴,加上本人水平及条件所限,内容上挂一漏万,且难免有误,衷心希望有关专家、学者和广大读者批评指正。

仅以此书纪念激光器诞生 30 周年。

敖 秀 珠

1990 年 5 月于内蒙古农牧学院

目 录

序	(1)
前 言	(1)

上篇 在农牧业中应用激光的基础知识

第一章 激光产生原理	(3)
§ 1 原子发光基础	(3)
§ 2 自发发射、受激吸收和受激发射	(7)
§ 3 粒子数反转分布	(14)
§ 4 工作物质	(15)
§ 5 光学谐振腔	(18)
§ 6 阈值条件 激光的形成	(21)
§ 7 激光的模式	(23)
复习题	(27)
参考文献	(27)
第二章 激光器	(28)
§ 1 激光器的分类	(28)
§ 2 红宝石激光器	(30)
§ 3 钕激光器	(34)
§ 4 调 Q 技术 倍频技术	(37)
§ 5 氦氖激光器	(41)

§ 6 二氧化碳激光器	(47)
§ 7 氩离子激光器	(53)
§ 8 可调谐染料激光器	(55)
复习题	(58)
参考文献	(58)
第三章 激光剂量及测量	(59)
§ 1 激光器的输出功率和能量	(59)
§ 2 激光剂量	(60)
§ 3 激光探测器的分类及其特性参量	(64)
§ 4 量热型探测器	(66)
§ 5 光电型探测器	(70)
§ 6 红外激光的显示	(74)
复习题	(75)
参考文献	(75)
第四章 激光作用与生物效应	(76)
§ 1 激光的特性	(76)
§ 2 激光与生物基本作用	(80)
§ 3 激光的生物学效应	(89)
§ 4 激光参数与生物刺激效应	(90)
§ 5 生物性状与激光生物学效应	(95)
§ 6 激光生物刺激效应机理假说	(98)
复习题	(101)
参考文献	(101)
第五章 激光的安全防护	(102)
§ 1 激光防护的必要性	(102)
§ 2 安全防护措施	(104)
§ 3 激光防护眼镜	(105)

复习题.....	(107)
参考文献.....	(107)

下篇 在农牧业中应用激光的重要途径

第六章 激光与作物生长促进	(111)
§ 1 概述	(111)
§ 2 激光照射种子促长效果	(112)
§ 3 激光照种促长原理	(118)
§ 4 激光处理种子技术	(121)
§ 5 激光照射植株促长技术	(125)
§ 6 激光照射灌溉用水促长技术	(129)
复习题.....	(130)
参考文献.....	(130)
第七章 激光与作物诱变育种	(132)
§ 1 激光诱变育种进展	(132)
§ 2 激光诱变育种机理	(136)
§ 3 激光诱变育种特点	(140)
§ 4 激光诱变育种方法	(144)
§ 5 激光育种与其它育种的结合	(149)
§ 6 激光诱变效应的早期鉴定	(151)
复习题.....	(156)
参考文献.....	(156)
第八章 激光微束与遗传育种	(158)
§ 1 激光微束及其装置	(158)
§ 2 在遗传工程中的应用	(163)
复习题.....	(167)

参考文献	(167)
第九章 激光与家禽孵化	(169)
§ 1 概述	(169)
§ 2 激光促孵方法	(170)
§ 3 氩氖激光对鸡蛋的促孵效果	(175)
§ 4 CO ₂ 激光照射鸡种蛋促孵效果	(177)
§ 5 氩氖激光对鹌鹑种蛋孵化的影响	(179)
§ 6 激光促孵的经济效益	(180)
§ 7 激光促孵机理	(183)
复习题	(189)
参考文献	(190)
第十章 激光与家畜繁育	(191)
§ 1 概述	(191)
§ 2 材料与方法	(192)
§ 3 激光对精子活力、存活率的影响	(197)
§ 4 激光对精子形态的影响	(200)
§ 5 激光对精子酶活性的影响	(202)
§ 6 激光对精子代谢的影响	(205)
§ 7 激光对精子超弱化学发光的影响	(207)
§ 8 激光对精子细胞膜通透性的影响	(210)
§ 9 激光对精子受精过程的影响	(211)
§ 10 激光提高精液品质的最佳剂量及机理	(212)
§ 11 激光照射家畜精液研究的意义	(216)
§ 12 激光在家畜产科上的应用	(217)
复习题	(219)
参考文献	(219)

第十一章 激光检测分析技术	(221)
§ 1 激光荧光光谱分析技术	(221)
§ 2 激光流式细胞计	(225)
§ 3 激光多普勒技术	(228)
§ 4 激光微探针分析技术	(230)
复习题	(232)
参考文献	(233)
第十二章 激光全息照相	(234)
§ 1 引言	(234)
§ 2 全息照相基本原理	(235)
§ 3 记录与再现方法	(240)
§ 4 全息显微术	(246)
§ 5 激光全息术的应用	(249)
复习题	(250)
参考文献	(251)

上 篇

在 农 牧 业 中 应用激光的基础知识

第一章 激光产生原理

激光和普通光在本质上都是电磁波。它们发光的微观机制都与组成发光物质的原子、分子的能量状态的变化有关。普通光源的发光,主要是自发发射,而激光是在激光器内部对光的发射过程进行控制下产生的受激发射。激光的英文全名为 *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, 直译为辐射的受激发射的光放大。英文缩写词为 *LASER*, 音译为莱塞。

本章重点阐述受激发射概念和特点,介绍受激发射与自发发射的区别和联系,进而论述工作物质的粒子数反转和光学谐振腔的构成与作用,分析产生激光的阈值条件。从而说明激光产生的基本原理。

§ 1 原子发光基础

发光物质是由大量的原子、离子或分子等微观粒子组成的。本节以原子为例进行有关发光问题的讨论。这些理论对离子、分子的发光也适用。原子、离子和分子可以统称为粒子。

一、原子的能级

据近代玻尔的原子理论,原子不受外界作用时,原子的各个电子都在一定的轨道上围绕着原子核运动。又根据量子力学的分析和实验,在原子内部对应于电子的每一种运动状态,

原子具有确定的内部能量值。原子不可能有任意的能量状态，也就是说其能量只能有某些分立的、不连续的能量值。原子的每一个可能的能量值称为原子的一个能级。原子处于能量的最低状态，称为基态，这时原子最稳定。能量比基态高的其它状态称为激发态。同种元素的原子能级结构是相同的。图 1—1 中的每条横线代表一个能级。

能级的能量单位：

1. 电子伏特 (eV) $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 。

2. 波数 波数是每米 (或厘米) 中含有波长的数目，即 $\frac{1}{\lambda}$ (λ 表波长) 单位为 m^{-1} 或 cm^{-1} 。

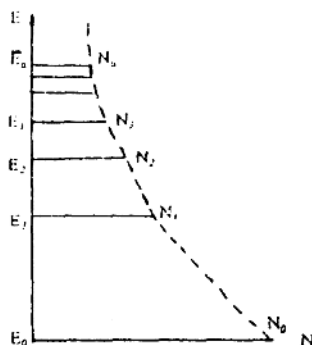


图 1—1 粒子正常分布

为什么用波数可以代表能量呢？

因为 $h\nu = E_2 - E_1$

而 $\nu = \frac{C}{\lambda}$

则 $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_2 - E_1}{hC}$ (1—1)

式中 h 为普朗克常数， $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ， C 为真空中的光速， $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，也是常数。

可见， $\frac{1}{\lambda}$ 与 $E_2 - E_1$ 有一一对应的关系。

二、粒子数按能级的统计分布

德国物理学家玻尔兹曼在麦克斯韦分布律基础上，从理论上得出一个热平衡条件下，原子按能级分布的统计规律，称

玻尔兹曼分布律。

玻尔兹曼分布律表明,由大量同类原子组成的系统,在热平衡条件下,多数原子处于基态,而激发态上的原子数目是很少的。设 E_2 和 E_1 分别代表任意两个能级的能量值, E_2 高于 E_1 , 处于高能级 E_2 的原子数为 N_2 , 处于低能级 E_1 的原子数为 N_1 , 则 N_2 与 N_1 之比,满足下式:

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-(E_2 - E_1)/kT} \quad (1-2)$$

式中 $e = 2.718$ 是自然界对数的底, T 是热力学温度, k 是玻尔兹曼常数, $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{J/K}$ 。公式 (1-2) 是玻尔兹曼分布律。它是粒子按能量的正常分布,是一个普遍的规律,它对任何微观粒子如原子、离子、分子等在任何保守力场(重力场、电场)中运动的情况都适用。图 1-1 为粒子正常分布。

三、原子跃迁

(一) 原子跃迁 某个处于基态的原子,受到光照或其它原子、电子的碰撞而吸收外界能量,原子由基态升到较高能级的激发态,这过程称激发,是一种原子跃迁。

相反,处于激发态的原子是不稳定的,当它们损失能量后,返回到基态或较低能级的过程,也称原子跃迁。

(二) 辐射跃迁 如果原子跃迁过程伴随着光子的吸收或发射,则称为辐射跃迁。

若以 E_2 与 E_1 代表两个能级的能量,当原子由 E_2 返回到 E_1 ,则发射光子的能量为:

$$h\nu_{21} = E_2 - E_1 \quad (1-3)$$

此时,原子所发射光子的频率为:

$$\nu_{21} = \frac{E_2 - E_1}{h},$$

式中 h 为普朗克常数。

(三) 无辐射跃迁 如果原子与外界只是通过碰撞或它形式的能量交换,而不伴随着光子的吸收或发射的原子迁,则称为无辐射跃迁。

(四) 辐射跃迁选择定则 理论和实验都指出,并不任意两个能级之间都能发生辐射跃迁。即原子发射或吸收光子,只能出现在某些特定能级之间。即表征两个原子状态的 i 组量子数中,同一种量子数的差值各自需满足一定的规则时两个能级之间才可能发生辐射跃迁,否则不可能发生,或者发生的几率很小。例如,碱金属原子只有符合条件:

$$\Delta L = \pm 1$$

的两能级间才有可能产生这种跃迁。 L 为角量子数。这种对于原子辐射跃迁的限制条件叫做辐射跃迁的选择定则。

发光的微观机制就是在遵守辐射跃迁选择定则的两个能级之间,由高能级向低能级的跃迁。在此过程中,原子的内能以光子能量形式放出。

四、分子的能级

分子能级比原子能级要复杂得多。液体分子或固体分子的能级结构比气体分子要复杂。这是因为原子能级只由电子的运动能量决定。而在分子中除了有电子绕原子核运动之外,还有组成分子的原子在平衡位置附近的振动,以及分子作为整体绕轴的转动。每一个液体分子或固体分子还要受周围分子的影响。只就气

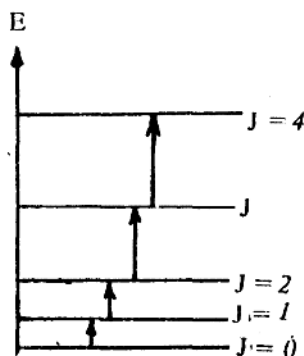


图 1—2 分子转动能级