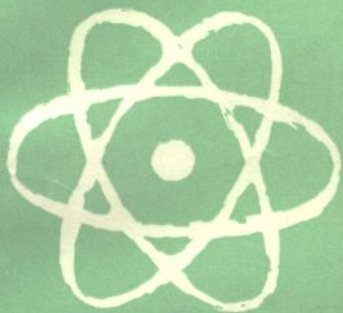


原子能与农业

[苏]Д.А.卡乌山斯基



原子能出版社



原子能与农业

[苏] Д. А. 卡乌山斯基 著
闻 理 译
金守鸣 陶舜华 校

原子能出版社

Д. А. Каушанский
Атом и сельское хозяйство
Издательство «колос»
1981

原子能与农业
[苏] Д. А. 卡乌山斯基 著

闻理 译
金守鸣 陶舜华 校
原子能出版社出版
(北京2108信箱)
重庆印制一厂印刷
(枇杷山后街79号)

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 4 · 字数 85 千字
1987年9月北京第一版 · 1987年9月北京第一次印刷
印数1—1100 · 统一书号: 15175·798
定价: 1.05元

内 容 简 介

本书叙述了电离辐射和放射性核素在农业生产中的各种应用，列举了放射生物学和核技术在农业方面的成就，说明原子能怎样成为强化一系列主要工艺过程的现实因素，以及向读者介绍了一些学者和专家们正在努力使之成为现实的有发展前途的设想和建议。

本书对象是对科学和技术现状感兴趣的专家和广大读者。

前 言

1961年4月12日，在莫斯科是一个普通的初春天气，由伏努科沃机场通向市中心的大街上，聚集着成千上万的莫斯科人和苏联首都的客人。他们在那里迎候人类历史上第一个克服地心引力，乘坐“东方号”宇宙飞船，围绕我们这个行星飞行的宇航员尤里·阿列克谢耶维奇·加加林的归来。在那些日子里，许多人都在谈论一个词——“生命保障系统”。这个术语指的是一个综合体，包括水、食物、空气的贮备和装置，它提供人类能赖以生活与工作的必不可少的条件。这种系统，对我们大家都能居住的“地球宇宙飞船”来说，是非常必要的。这里非常重要的一点是，食品的生产和保存，能量的获取，所有生物生存环境的保存。今天，对这些非常重要的问题最为直接有关的是原子能。

原子……原子能……原子技术……这些概念已牢固地深入到人们的生活当中。1954年世界上第一座核电站在苏联建成和送电，不仅意味着在动力工程方面出现了新的方向，同时也明显地体现了利用核能资源的现实性。

原子与农业生产……著名的苏联放射生物学家、苏联科学院通讯院士亚历山大·米哈依洛维奇·库津在1955年瑞士日内瓦举行的第一届和平利用原子能国际会议上的报告，恰恰讨论了这个问题。报告给人深刻印象的另一个原因是，在那些年代里世界各地传来的是原子弹和氢弹的爆炸声——进行着杀伤力最强的武器试验。然而，苏联的放射生物学家与物理学家、设计家、农学家们共同考虑的，却是如何使原子为人类服务，如何把原子能用于农业生产。当代杰出的物理

学家阿尔伯特·爱因斯坦在本世纪初所说的“放射性现象是从史前人类发现火以来的整个时期中技术进步的最具革命性的力量”这段话，是有先见之明的。放射性的研究使我们能够更好地了解原子和原子核的结构，发现核素和电离辐射源，建造大量生产它们的“工厂”——核反应堆，并且在整体上对科学和国民经济许多部门的发展产生了重大影响。放射生物学和原子科学技术方面的基础研究，确定了原子核能在与生物体或生物原料有关的各种活动范围内实际应用的许多途径。甚至在二十世纪伟大科学成就的背景下，原子核能的利用仍是当今世界上极为重大的一种壮举，其影响触及到许多方面，其中包括全球生命保障问题的解决。

根据联合国公布的统计资料汇编《人口事实》和绘制的世界人口图，1900年地球人口为16亿，1970年为36亿，1980年约为45亿，而到下一世纪初将接近62亿。根据上述数据，地球上的人口每年增加7000万到8000万。这种发展趋势将使食品的生产和贮存成为全世界极为紧迫的问题。

农业上应用原子科学技术和放射生物学的成就，是强化农业生产的一个新的，但已成为现实的因素。只需指出，放射生物学基础研究的发展，实际上奠定了利用电离辐射控制动植物生命活动的科学基础。这本身又是一种崭新的工艺——放射生物工艺学发展的基础。这种工艺正应用于医学、农业、渔业和有关的工业部门，用于周围环境的保护。

原子能慷慨地给予我们巨大的可能，不仅为人类谋利造福，而且激发那些愿意更多地了解科学技术现状的人们的兴趣。1978年，苏联原子能出版社出版了一本《原子能为农业服务》的书。本书实际上是该书的发展。本书包括了新的章节，“原子能、生物学和工艺学”，“电离辐射和养禽业”。除

此之外，虽然这两本书的出版时间相隔很短，为了反映最新的情况，仍需作一定的修改并补充大量资料。

本书介绍了电离辐射的刺激作用在植物栽培和养禽业中的应用，关于苏联和各经互会成员国各种土壤-气候地带实验室和生产试验的结果，关于生产中广泛运用新的方法提高产量和改善品质的情况。

本书介绍了以电离辐射遗传学作用为基础的过程，关于电离辐射怎样帮助培育农作物新的高产品种，从而给“绿色革命”带来不可估量的贡献的情况，关于辐照方法在动植物保护方面的应用，关于电离辐射对害虫基因器的影响，以及在实践中由此得到的好处和在防治害虫的“原子战争”中可以预料的情况。

本书介绍了统称为放射生物工艺学的崭新的工艺过程。它们在葡萄栽培、马铃薯栽培、畜牧兽医和其它农业部门都得到了应用。这些工艺过程的基础是利用各种放射生物学效应和由电离辐射及热量、压力等物理因素，以及化学物质对生物体的综合作用而出现的“增效”现象。

本书介绍了苏联首先在大田中利用的“原子”农业技术——«Колос»型生产用 γ 照射装置，这一装置自然已“列入”现有的机械系列，介绍了在生产联合体的条件下辐照处理葡萄枝条的装置，不久前在大型粮仓投入使用的杀死谷类害虫的电子加速器装置以及苏联和世界各国专门制定的在农业科学和生产各个部门实施辐射工艺过程的许多方法与措施。

本书介绍了什么是放射性示踪剂以及怎样把它们应用于农业科学和农业生产。

本书还介绍了在恶劣气候条件下（如北极地区或沙漠）

建立集约农业生产区农业原子综合体的原则。

书中叙述了放射生物学和原子技术的成就与解决国民经济问题的密切关系，叙述了原子能怎样成为社会生产力的情况。原子核能的利用问题不仅仅引起学者、专家和实际工作人员的注意，而且受到远离这一知识领域的广大读者的关注。当然也产生一些困难：怎样确定本书的科学技术水平？依照作者的看法，对于当代读者来说，在讲述原子技术和现代放射生物学在农业上的应用这一问题时，过于简单是不合适的，当然也应当使本书做到通俗易懂。因此，作者力图用各种例子说明今天原子能的应用已触及到农业生产的许多领域，原子能已成为实际的生产力；同时展望不久的将来，以便简明地描述在农业中广泛应用原子科学技术和放射生物学成就的种种可能，从而推动人们更深入地研究涉及的问题并促进现有方法和手段的实际应用。作者试图回答下列几个主要问题：

原子科学技术的成就怎样和为何成为强化农业的附加因素？

放射生物学、原子科学技术的哪些具体成就今天已经是强化农业生产的因素？

原子在农业中正在扮演什么“角色”？

农业原子综合体是幻想还是现实？

进一步完善苏联的农工联合体是国民经济各部门面前新的、更高的指标。在解决尽力强化农业生产这一重大课题中，要求原子科学技术作出自己的贡献。

目 录

前 言.....	1
原子能、生物学和 农 业.....	1
原子能、生物学和工艺学	1
原子在农业中扮演的“角色”.....	7
原子能和产量	16
农作物种子的播前照射	16
电离辐射和育种	31
电离辐射和农产品保藏	44
电离辐射, 果树栽培和葡萄栽培	56
辐射工艺学和植物保护	67
原子能、畜牧业和兽医学	78
电离辐射和工业畜牧业综合体	79
电离辐射和养禽业	85
电离辐射和畜产品	89
电离辐射和兽医学	95
放射性示踪剂在农业科学和生产中的应用	100
农业原子综合体——幻想还是现实?.....	112

原子能、生物学和农业

原子能、生物学和工艺学

我们这个行星上的一切，时时刻刻受到电离辐射源的内照射和外照射，即处于所谓天然放射性本底下。非常明显，各种生命表现形式，在所有的进化阶段，都与电离辐射线密切相关，但是，从科学界获得电离辐射方面的第一批资料到今天，还不满一百年。

三个伟大的发现相继问世：1895年，威廉·康拉德·伦琴发现了X射线；过了一年，昂里·贝克勒尔发现了天然放射性；1898年，玛丽娅·斯克洛陀夫斯卡娅·居里和皮埃尔·居里发现了新的放射性元素——镭和钋，并创立了“放射性”这一术语。上述这些学者都成了诺贝尔奖金获得者。

当时，生物学在其经典的方向、方法和手段上已是非常发展的一门学科。随着新的物理现象的发现，学者们开始研究：放射性射线如何作用于生物体，它们能否在医学上应用于诊断和治疗？

就在那时，出现了一门新的学科——放射生物学。一个拉丁词radius（即射线）和两个希腊词bios（生命）和logos（学说）构成了它的名称。这门科学在我们这一世纪享有声誉。而二十世纪也绝非偶然地被人们称为原子时代、宇宙时代、生物学的“黄金时代”。

什么是同位素和电离辐射呢？“同位素”这个词是由两个希腊词：isos（同样的）和 topos（位置）组合而成的。学者们发现，在化学性

质上没有区别的一个元素的某些原子，其质量常常各不相同。物理学家们在弄清了原子的性质、发现了中子之后，明白了同位素的本质。各同位素的原子中，质子和电子的数目相等，就是中子的数目不同。所以，虽然它们在元素周期表中占有同一位置，实际上化学性质也几乎完全一样，可是质量并不相同。

大家知道，在稳定的原子核内，质子和中子之间存在着一定的比例。当这种比例失调时，核就变得不稳定并自发地进行衰变，这个过程通常也就叫做衰变。放射性衰变的同时，放出电离射线，例如： α ， β ， γ 射线。这些射线能从原子中带出非常大的能量。放射性同位素分为天然的和人工的两种。天然放射性同位素（铀、钍等）可以在自然界中见到，而人工放射性同位素是在复杂的物理装置（核反应堆、加速器）中通过核反应制备的。

目前，学者们在已知的元素中掌握了近2000种放射性同位素。核组成不同的原子通常叫做“核素”，而放射性原子则通常叫做“放射性核素”。

放射性的发现产生了许多急待解决的问题。看来，其中最重要的是：能否利用原子“矿藏”中的巨大能量？随着知识和经验的积累，人们已开始利用这种能量，使之作用于物质和生物体。

学者们确认，各种射线的区别首先在于它们的穿透能力：穿透能力最大的是 γ 射线；穿透能力最小的是 α 射线。

那末，什么是电离辐射，哪些射线属于这一类呢？

电离辐射是那些性质不同，但都具有能使原子和分子电离这一共同特性的射线的总称。就是说，射线的能量通常足以从原子或分子中打出电子，因而使原子（分子）的剩余部分呈现正电荷并成为离子。能电离介质的射线有：紫外线、X射线、放射性同位素的 γ 射线、韧致辐射（即统称为“电磁辐射”）和微粒射线——电子、 α 粒子、质子等。

既然本书中主要涉及电离辐射，那么让我们首先研究一下它们之中的几种：

α 射线通常是重同位素所固有的。它的能量范围为4—9兆电子伏

(百万电子伏)。 α 粒子的电离能力非常大：在空气中一厘米的路程上能形成约 3×10^4 对离子。但是，它的穿透能力很小：总共能穿透数厘米的空气介质。实际上，一张纸就能够吸收任何一种放射性同位素的 α 射线。因为它的穿透能力低，所以一般在辐射工艺和技术上都不采用它。

β 射线是原子核衰变时产生的电子或正电子，它的能谱是连续的，从零到最大值。它的电离能力比 α 射线小得多：1兆电子伏能量的 β 粒子，在空气介质中一厘米的路程上产生53对离子。而它的穿透能力较高：在空气中为数米，在密实的物质中为数毫米。 β 射线也用得不多，主要用于研究。

γ 射线是在核跃迁或粒子湮没时产生的，它是一种波长为 10^{-8} — 10^{-11} 厘米的电磁波。顺便指出，名称为埃($\text{\AA}$)的单位，即一亿分之一厘米(10^{-8} 厘米)被广泛地用于测量X和 γ 射线的波长。

通常， γ 射线是由那些因 α 和 β 衰变而处于激发状态的放射性同位素的核放出的。核跃迁到基态时随即放出 γ 光子。同位素核的激发能级和与此相应的不同能量的 γ 射线可能有几种，即一种同位素可能同时放出几种能量不同的 γ 光子。电磁辐射与物质相互作用的过程取决于光子的能量和物质的成分。 γ 射线的穿透能力很高。例如，要使铯-137的 γ 射线减少一半，必须要有27厘米厚的水层，12.4厘米厚的混凝土层或0.76厘米厚的铅层。在辐射工艺中就是利用 γ 射线这种强的穿透能力。

电离辐射在通过任何一种物质时都要损失一部分能量，这部分能量被物质所吸收。辐射引起的效应取决于这部分能量的大小。因此，辐射对生物体和其它物体作用的主要特性是照射的剂量，即单位质量受照物所吸收的辐射能量。

国际单位制的吸收剂量单位为戈瑞(简称戈)。这相当于质量为1千克的物体吸收1焦耳的能量(焦耳/千克)。实际上，广泛应用的吸收剂量单位为拉德。1拉德=0.01戈瑞=0.01焦耳/千克，或者1戈瑞=100拉德。广泛应用的倍数单位是千拉德和兆拉德。1兆拉德= 10^3 千拉德= 10^6 拉德。

X和 γ 射线照射量的计量单位是每千克的库仑数(库仑/千克)。但是,现在有时还使用以前的单位——伦琴(伦):这是在 0°C 和760毫米汞柱的压力下,在1厘米³干燥空气中,生成 2.1×10^9 对离子的X射线或 γ 射线量。上述两个单位的关系如下:1伦琴 $=2.58 \times 10^{-4}$ 库仑/千克。1伦琴相当于在标准条件下1千克空气吸收0.88拉德剂量。

为了表征生物辐照装置剂量场,规定采用在一定辐照条件下测得的某种物质的吸收剂量率戈瑞每秒(戈瑞/秒)。同样,人们还采用拉德每秒(拉德/秒)。

当使用同位素和电离辐射时,必须了解其放射性活度。在国际单位制中,放射源同位素的放射性活度单位是贝可勒尔(贝可)。1贝可勒尔是在1秒钟内发生1次核衰变的放射性物质的放射性活度。在实践中广泛应用的放射性活度单位是居里(居)。这是在每秒钟内发生 3.7×10^{10} 次衰变的放射性物质的放射性活度。在实践中常见居里的倍数单位:微居里(微居) $=3.7 \times 10^4$ 衰变/秒;毫居里(毫居) $=3.7 \times 10^7$ 衰变/秒;千居里(千居) $=3.7 \times 10^{13}$ 衰变/秒;兆居里(兆居) $=3.7 \times 10^{16}$ 衰变/秒。上述两种放射性活度单位的关系如下:1居 $=3.7 \times 10^{10}$ 贝可。

作为能量的测量单位采用焦耳。而在实践中表征射线能量时,经常采用电子伏特(电子伏)。1电子伏 $=1.602 \times 10^{-19}$ 焦耳。

上述资料可能有助于读者更容易地理解以下各章的内容。

电离辐射对生物体的作用差不多在发现X射线之后,很快就被发现了。在此只须指出一点:在发现X射线后仅仅一年的时间里,在X射线应用的各个方面就发表了1000多篇文章。早在1896年,И. Ф. 塔尔哈诺夫(Тарханов)在一些昆虫和青蛙的试验中就已证实了它们对X射线的反应,并且提出了可以用射线进行治疗的设想。刊物上还发表了一些关于X射线照射后皮肤受到损伤的报道,Ф. 明赫(Минх)和А. 邵别尔(Шобер)分别报道了关于这种新的射线对细菌——伤寒病原体和对植物的影响。1901年,发表了有关

X射线杀菌作用的文章。过了两年,彼得堡学者 E. C. 伦敦 (Лондон) 发现了镭射线对老鼠的致死作用, 德国研究者海纳克 (Хейнеке) 发现了X射线具有同样的效应。1905—1906年间, M. 乔尼克 (Кернике) 证实, 电离辐射可以抑制细胞分裂; Д. 别尔戈尼也 (Бергонье), Л. 特里邦道 (Трибондо) 以某些植物种子细胞为例说明各种细胞的辐射敏感性是不同的。第一本放射生物学专著——《生物和医学中的镭》(1911年) 是俄国人 E. C. 伦敦的著作。

这是放射生物学定性的, 论述性的发展阶段。第二阶段的特点是力图将生物效应与辐射剂量联系起来, 并对放射生物学的基本原理给以定量的说明。出现了第一批解释放射生物学效应的理论 [Ф. 杰萨乌艾尔 (Десауэр), Д. Э. 里 (Ли), К. 齐麦尔 (Циммер), Н. В. 季莫费耶夫-列索夫斯基 (Тимофеев-Рессовский)], 作出了关于电离辐射作用于细胞遗传器获得性状遗传传递的惊人发现 [Г. А. 纳德松 (Надсон), Г. Ф. 菲利波夫 (Филлипов)——1925 年用酵母做的试验; Г. 麦列尔 (Меллер)——1927 年用果蝇做的试验]。

人类掌握原子核能的前景是深入进行研究工作的动力。广岛和长崎的悲剧使放射病治疗方法的研究及辐射防护措施的建立成为急待解决的问题。世界上许多国家都建立了放射生物学的专业机构和实验室。1955年, 在第一届国际和平利用原子能会议上, 对放射生物学的各个领域进行了广泛的讨论。在放射生物学中, 分子、噬菌体、病毒、微生物、寄生虫、原生动物、组织和器官培养物、植物体和动物体、人、生物群落等等都成为仔细研究的对象。

可以认为: 从现在起, 放射生物学的第三个发展阶

段（现代化的发展阶段）已经开始。世界各国和地区频频集会研讨有关放射生物学各个领域的问题。正在积累各种生物学对象对辐射反应的大量资料。对电离辐射的作用机理和规律性也正在进行研究。对于电离辐射生物学作用的物理化学基础，开展了广泛的理论和实验研究，即正在解决构成放射生物学这门学科的基本课题。出现了对许多放射生物效应及其表现规律给以定量说明的可能，并研究了它们的实际问题。

最后，从应用的观点来看，这是主要的：创建了一种新的工艺学——放射生物工艺学，它在与生物或生物原料有关的各种人类活动范围内，开辟了利用原子核能（电离辐射）的多种途径。放射生物工艺学在利用放射生物学研究成果的同时，把研究放射生物学效应的工业利用，制订合理应用电离辐射的手段和方法，作为自己的任务。

原子技术的发展、钴-60 和铯-137 放射性核素源的大规模生产、专用加速器技术的进展，使我们能够建造具有高度技术经济指标和恒定辐照条件（温度、剂量率、辐照不均匀性）的实验性、中试和工业辐照装置。这就不仅能够试验各种过程的辐射工艺学方法和规程，而且还能够付诸实施。

根据作者提出的分类法，用以解决农业生产任务的放射生物工艺学过程，最好按放射生物学效应的观点，原则上分为下列几种作用：

- 电离辐射的刺激作用；
- 电离辐射的遗传学作用；
- 电离辐射抑制生物体的个别生理机能；
- 电离辐射的灭菌（或致死）作用；
- 电离辐射改变生物原料的品质。

放射生物工艺学过程应该在农业、食品、医疗、微生物、水产品工业和环境保护等方面发挥巨大的作用。因此，具有重要意义的不仅是操作本身的最佳工艺研究，还有用参数最佳化的方法不断地完善这些过程，并建立具有最佳技术经济指标的辐照技术。

苏联国内放射生物学研究的协调工作由苏联科学院放射生物学学术委员会进行。这个委员会从1962年开始工作以来，在发展苏联的放射生物学方面，起着很大的作用。参加该学术委员会工作的有苏联的主要放射生物学家。根据学术委员会的建议，每年都举行各种类型的学术会议，讨论放射生物学中最迫切的理论和实际问题。在苏联科学院学术委员会中还有应用放射生物学委员会。在某些部门中还设有一些专题委员会。例如，关于农业上应用放射性核素和电离辐射的工作，由全苏列宁农业科学院所属的农业辐射学委员会协调。

在短短的二十年时间里，放射生物工艺过程向实践大大地迈进了一步。尽管将来的路途还很长，但是在放射生物学范围内，凭借着基础和应用研究，已经打下了牢固的基础。

原子在农业中扮演的“角色”

按照诺贝尔奖金获得者，美国原子能委员会（1960—1971年）前主席格伦·西博格的生动比喻，原子在人类活动各个领域内和平利用的广泛性，“可以比作一种老式的多用折刀，这种刀可以完成几乎所有的作业：切削、铇、拧螺钉、开瓶盖，等等”。

今天，原子技术和有关电离辐射对动植物作用基础研究

成果的利用，已经足以说明，新的辐射工艺学可以作为农业各个部门（植物栽培、畜牧兽医、动植物保护、机械化、电气化、土壤改良、化学化等）中强化农业生产的手段。辐射工艺和技术越来越稳步地由实验室走向生产的广阔天地。

原子在农业中究竟扮演着什么样的“角色”呢？原子广泛应用的可能性如何？

在二十世纪后半期，当世界能量消耗总量急剧增加时，原子能源在总能量的平衡中开始起着越来越大的作用：根据国际原子能机构的资料，如果说世界电能总量中核电站的发电量在1970年还不到2%，1975年为5%，而1980年约10%，那末到2000年预计可以达到55%。当然，核电站的能量将越来越广泛地应用于农业。

目前，核素在农业科学和农业生产中的应用已是很普通的事情：它可以使人们弄清和说明与动植物生命活动有关的许多过程（营养、新陈代谢、化学药剂的作用，等等）。

利用小剂量电离辐射，可以帮助科学家和生产者解决植物栽培方面的主要问题——进一步提高作物产量和农产品质量。例如，实验室和大田条件下的大量实验证明，种子的播前照射可以使谷物和豆科作物增产10—20%，蔬菜增产20—30%，马铃薯增产15—20%。1972年以前，摩尔达维亚、吉尔吉斯、哈萨克斯坦完成了这一新的农业技术措施的生产试验，并在1973—1980年间种了50万公顷^①以上的辐照种子。数年之后，在俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国、哈萨克苏维埃社会主义共和国、格鲁吉亚苏维埃社会主义共和国、白俄罗斯苏维埃社会主义共和国、乌克兰苏维埃社会主义共和

^① 1公顷=10000米²，即15亩。——译注