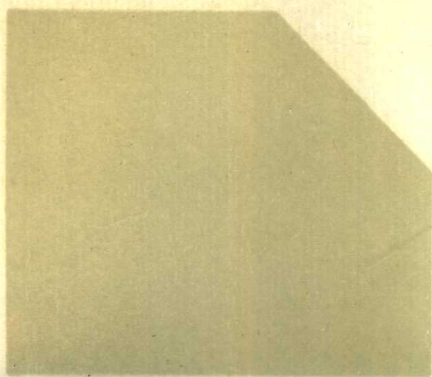
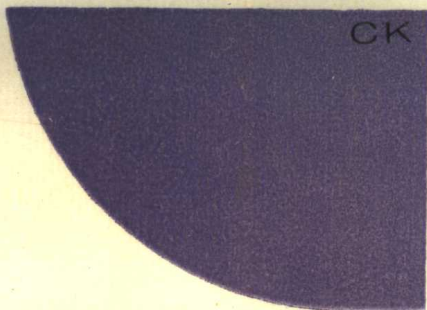


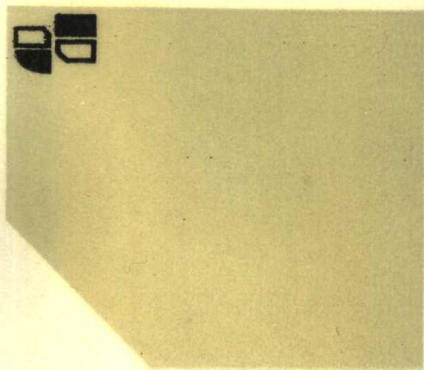
農業中的稀土



RE



CK



農業中的稀土

RARE EARTHS

IN

郭伯生等編著

CHINA AGRICULTURAL SCIENCE
AND TECHNOLOGY PRESS



AGRICULTURE

中國農業科技出版社

农业中的稀土

郭伯生 竺伟民
熊炳昆 纪云晶 等编著
刘 铮 吴兆明

、中国农业科技出版社

内 容 提 要

稀土农用技术研究是国家“六五”科技攻关成果之一。为了从理论上总结十多年来的研究成就，并在农业生产中推广应用这一新成果，稀土农用技术开发中心等4单位组织全国参加协作的科技人员共同编写了《农业中的稀土》一书。本书收集文献二百余篇，基本反映了国内外有关稀土农用的研究成果。全书共十四章，除介绍稀土“农乐”在各种农作物上的应用效果和使用技术外，还介绍了与稀土农用有关的产品生产工艺、分析检测方法、稀土土壤学、稀土植物生理学和卫生毒理学等方面的基础理论知识和最新研究成果。

本书可供农业科技工作者和农业院校师生阅读参考。

农 业 中 的 稀 土

郭伯生等 编著

责任编辑 赵学贤 薛 尧 王涌清

封面设计 马 钢

中国农业科技出版社出版（北京海淀区白石桥路30号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

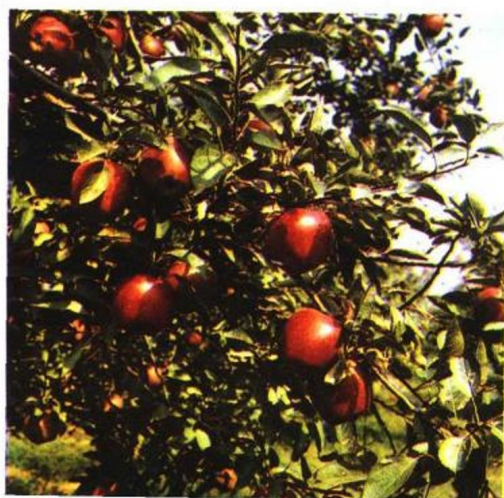
秦皇岛市卢龙印刷厂印刷

开本：850×1168毫米1/32 印张：10.625 字数：250千字

1988年9月第一版 1988年9月第一次印刷

印数：1—2500册 定价：4.00元

ISBN 7-80026-071-2/S·46



1. 小麦施用稀土效果。
2. 甘蔗施用稀土获丰收。
3. 西红柿施稀土果大压蔓味质佳。
4. 花生施用稀土结实多荚丰满。
5. 苹果施用稀土果大味好色美。

1	2
3	4
5	.



6. 施稀土烤烟丰产烟质醇香。
7. 油菜施用稀土后喜获丰收。
8. 稀土使水仙花萼繁茂娇艳芳香。
9. 大面积飞机喷施稀土。

严启明供稿

6	7
8	9

稀土應用

前 言

稀土是近三十年才进入人们日常生活的一组新金属、新材料。大多数人知道它在现代工业中、尖端技术上有不少重要用途。但在一些人的印象中以为稀土元素很稀少，与生态环境和农业生产可能没有多少关系。其实不然。精确的化验结果表明，在土壤中稀土的含量为土壤总重的万分之二左右。植物体内稀土的含量为植物体重量的 $0.002\sim 0.005\%$ 。在我们吃的粮食中一般都含有 $0.05\sim 2.0\text{ppm}$ 的稀土。我国成年人平均每天从饮食中摄入的稀土量大约为2毫克。可以这样讲：自古以来稀土元素就存在于自然界的生物链之中。过去人们对它注意不多是因为其发现较晚，分离和提取较难，加上稀土在动、植物体中的生理作用还未被人们所认识。近年来的研究结果证明，稀土元素具有一定的生理活性，它对植物的生根、发芽、叶绿素的生长和光合作用都有明显的影响。合理地施用稀土能促进多种农作物的增产或改善农产品品质。稀土在农业中的作用已引起越来越多的专家和学者的重视。仅八十年代以来，我国科学工作者在农业、土壤、卫生、冶炼、分析等多种学术刊物和专业会议上发表的有关稀土农用的论文就有二百多篇。稀土农用作为一门新兴的边缘学科正在形成，作为一项成本低、效益高的农业增产新技术正在引起广大农民和农业科技工作者的兴趣。

本书通过大量的数据和事实向广大读者，特别是向从事农业教育、科研和生产推广的科技工作者系统地介绍稀土元素在农业中的作用以及在各种农作物上的应用技术和效果。本书除了介绍与施用稀土“农乐”产品有关的产品生产工艺、分析检测方法等实用技术外，还着重介绍了有关稀土土壤学、稀土植物生理学和

卫生毒理学等方面的基础理论知识和最新研究成果。以便读者从多学科的结合中深入了解稀土为什么能使农作物增产，为什么有的土壤类型需要施用稀土，而另外一些则不需要，以及专家们对稀土农用的卫生学安全评价等。

稀土在农作物上的应用是稀土应用的一个新领域。目前在国际上还未见系统论述这方面知识的著作。本书的编著者大多数是我国研究和开拓稀土农用的第一批科学工作者。如果由于总结和公布的这些材料能够帮助广大读者了解什么是稀土农用，能够活跃稀土农用科研和帮助农民、农场在生产中试用稀土，并取得增产的结果，那就达到了出版本书的目的。

稀土元素在农业上应用的历史很短。实用技术还不完善，有些重要的理论问题，例如稀土元素使农作物增产的机理等还有待研究探索。加上我们的水平有限，书中的缺点、错误和不足之处在所难免。欢迎广大读者批评指正。

徐新宇、胡莉茵、严启明等同志在本书的编辑、审稿和技术摄影等方面给予了大力支持与合作，特此致谢。

编著者

1988年10月

序

我国地大但可耕地人均面积不大。人口众多，目前人均口粮不过250公斤左右。如人口发展到12亿则必须大力增产粮食，方可满足我国各方面对于粮食的需求。增产的措施之一是增加肥料的产量、品种和改进施肥的方法。全国稀土农用协作网在有关领导机关和各省市的支持下，进行了植物生理、土壤、稀土农用产品（农乐）的制造、稀土农乐的施用方法、稀土农乐的毒理学和稀土农用的定量分析方法等方面的系统研究，证明了稀土农乐对于粮食、油料、甘蔗、甜菜、苹果、葡萄、西瓜等作物和橡胶、棉花等经济作物都有增产效果，且不同程度地改进了品质。与此同时，证明了“农乐”的放射性物质的含量低于磷肥；生理毒性属低毒物质，通过消化道进入人体的稀土剂量对于施用过与未施的农产品来讲没有明显变化，从而解除了人们对施用“农乐”有过的疑虑，使稀土农用的大面积推广得以顺利进行。

本书的出版，记述了上述各方面研究成果的概貌。根据实践、认识、再实践、再认识的规律，目前的基础研究，还不能把稀土对于植物生长的作用机理，用简单扼要的语言加以叙述。需要对于稀土在生物化学中的催化作用，对于生物膜渗透性的影响机制，对于还原酶活性的增加，对于植物激素的作用等尚待进一步的研究。上述所列举的种种研究，以及未举出的深入研究无疑会推动稀土农用的向前发展，但并不会因此而妨碍目前正在大力推广的稀土农书工作。只要能使农作物增产，农民能在经济上得益，并无残留量的累积性，则稀土“农乐”的大规模使用会不径而走。

稀土在农业中的应用，是我国近年科技工作中的一个重大成

果。我们希望在农业改革中，育种、农产品品质、肥料、土壤改良、耕作方法、除草、抗病虫害等各方面都取得重大进步，使我国的粮食、油料、糖、水果、蔬菜都能丰富地满足人民的需要，并能改进青海、内蒙古、新疆等地的草场生产和畜牧业，使肉食供应良好以适当增强人民的体质。这些不仅需要农业科学工作者的努力，也需要有关科学工程学者的参加，个人努力和大力协作结合起来，在经济改革和政治改革中上述诸目的是可以达到的。

曹蓉江教授

一九八八年五月

序

《农业中的稀土》问世了，令人非常高兴。这本书系统地归纳总结了稀土元素在农作物中的作用，从理论到实际，从生产到应用，涉及十多种作物，经过充分的研究工作，并有大规模的、包括上千万亩田地、十几年的实践做为后盾，这在当今世界上尚属首创，对于今后的发展也将有深远影响，是值得祝贺的。

稀土在我国能够领先应用于农业，不是偶然的。这是我国保有极为丰富的稀土资源，党和政府对稀土十分重视，一贯加强组织领导，并有一大批热心于稀土农用的积极分子努力工作的结果。

世界上稀土资源的百分之七、八十赋存于我国，其中百分之九十以上又集中在包头白云鄂博矿。50年代，包头钢铁公司建成投产，其原料基地就是白云鄂博矿。当时每年随着铁矿石开采出来的稀土量，相当于全世界稀土消费量的近十倍。60年代初，主持和领导科技工作的聂荣臻元帅就非常重视稀土的开发利用，提出要重视稀土的大规模应用推广工作。这时稀土钢和稀土球墨铸铁应用成功，并且注意到30年代苏联学者将稀土用于豌豆等农作物的报道。十年动乱时期还能够着手这项工作，那要感谢袁宝华同志，1972年，他在主持当时计委工作，在一次有各省市工业书记参加的研究推广我国稀有金属应用时，指出了要充分利用包头的稀土资源，必须把稀土与量大面广的行业联系起来，才能大幅度提高包头稀土资源的利用率。世界稀土利用的趋势也是如此，稀土应用量大的还是钢铁工业、石油化工工业和玻璃陶瓷工业等。根据国内外出现的苗头，应该重视并着手研究稀土在农作物上的应用效果。这个倡导推动作用很大。只是由于众所周知的原因，当时

组织开展工作是十分困难的。粉碎了“四人帮”，迎来了科学的春天。从1978年党的十一届三中全会那年开始，方毅同志受党中央、国务院的委托，连续十年抓包括包头资源在内的三大资源综合利用工作，确定了包头资源综合利用的方针，制定了包头稀土利用的最好方案，推动了我国稀土工业的发展。在此期间，农用稀土始终受到国家的重视。国家经委、国家科委及冶金、农业系统的有关部门，都给予了大量的支持，这是稀土农用取得成就的不可缺少的宝贵条件。此外，十分可贵的是，我们有一批献身精神的科技工作者，不懈地从事稀土农用工作。从1972年开始，郭伯生、郑伟等同志与北京农科院的同志们共同实验，取得成绩，增加了信心。以后，得到许多地方，许多部门的专家学者如宁加贲，刘铮、纪云晶、解惠光，吴兆明等同志的多方努力，加上黑龙江、湖南、河南、广西等地的组织实践，从稀土微肥的生产、应用、机理、标准、毒理、作物品种和成效考察等许多方面进行实践和研究，奠定了稀土在农用方面的科学基础。其功绩是不可磨灭的。熊炳昆、张运林、金国勋、李献民、车胜前等同志在组织全国和有关省的大面积示范推广方面作出了重要的贡献。

我们从认识与实践上解决了稀土并非“稀贵”的问题，稀土“农乐”的应用使农民和农场获得了显著的经济效益。多年研究证明，不但按标准生产稀土的“农乐”产品没有所谓放射性危险，并从毒理学研究的环境评价方面证实，合理施用稀土对人畜和环境确实安全。这也是我国稀土应用于农作物的规模实践领先于世界的原因之一。

但是，就稀土在农作物应用范围和作用的潜力，以及相应需要进行的机理、适用范围、品种和推广措施等来说，要做的工作还很多。衷心期望各有关部门、地方的领导和专家们继续给予支持。通过积极分子和广大农民的合作，使我国丰富的稀土资源更加迅速、更大规模地为我国四个现代化做出贡献。

《农业中的稀土》一书的出版，无疑将对推动我国稀土在农

业上的应用，起到很大促进作用。相信在国际上也定会受到重视，进而扩大稀土的应用范围，增加人们对稀土的重视。

中国有色金属学会
中国稀土学会

付理事长兼秘书长 李东英

一九八八年六月一日

目 录

前言

序

第一章 绪论	(1)
第一节 稀土元素概述	(1)
第二节 稀土农用研究的发展	(8)
第三节 稀土在农业中的应用	(13)
第二章 土壤中的稀土元素	(23)
第一节 自然界中的稀土元素	(23)
第二节 土壤中的稀土元素	(27)
第三节 可溶态稀土元素	(35)
第四节 我国土壤稀土元素的供给情况	(40)
第三章 稀土元素对植物生理功能的影响	(45)
第一节 稀土元素在植物体内的含量、分布和 存在状态	(46)
第二节 稀土元素对植物生长的影响	(49)
第三节 稀土元素与根系的生理活动	(55)
第四节 稀土元素与植物的光合作用	(58)
第五节 稀土元素对植物其他生理功能的影响	(59)
第四章 粮食作物施用稀土的技术与效果	(62)
第一节 小麦	(62)
第二节 水稻	(77)
第五章 油料作物施用稀土的技术与效果	(89)
第一节 花生	(89)
第二节 大豆	(100)

第六章 糖料作物施用稀土的技术与效果	(109)
第一节 甘蔗.....	(109)
第二节 甜菜.....	(119)
第七章 瓜果类作物施用稀土的技术与效果	(131)
第一节 苹果.....	(131)
第二节 葡萄.....	(139)
第三节 西瓜.....	(145)
第八章 稀土在蔬菜作物上的应用	(151)
第一节 大白菜.....	(151)
第二节 番茄.....	(154)
第三节 黄花菜.....	(158)
第四节 辣椒.....	(161)
第九章 橡胶树施用稀土的技术与效果	(166)
第一节 植胶土壤中稀土含量及其分布.....	(166)
第二节 我国橡胶树中稀土的含量及分布.....	(169)
第三节 稀土对橡胶树某些生理效应的影响.....	(170)
第四节 橡胶树施用稀土的效果.....	(173)
第五节 橡胶树施用稀土的技术要点.....	(178)
第十章 烟草、棉花、水仙花施用稀土的技术与效果 ...	(180)
第一节 烟草.....	(180)
第二节 棉花.....	(187)
第三节 水仙花.....	(202)
第十一章 毒理	(209)
第一节 毒理.....	(209)
第二节 稀土在动物体内的吸收、分布、排泄和代谢	(220)
第三节 致突变效应.....	(225)
第四节 致畸效应.....	(235)
第五节 卫生学调查.....	(244)
第六节 农用稀土的安全性毒理学评价.....	(257)

第十二章	稀土农用产品生产	(263)
第一节	原料和工艺流程.....	(263)
第二节	化学法转型生产工艺简述.....	(267)
第三节	产品技术指标及说明.....	(270)
第四节	使用特性.....	(272)
第五节	稀土农用产品的发展.....	(276)
第十三章	稀土农用分析	(278)
第一节	概述.....	(278)
第二节	农用稀土化合物的分析.....	(280)
第三节	土壤、水和肥料中稀土的测定.....	(288)
第四节	生物体中稀土的分析.....	(295)
第十四章	稀土农用展望	(303)
参考文献		(311)

第一章 绪 论

郭伯生 熊炳昆 赖远生

第一节 稀土元素概述

稀土是周期表中的一组元素，它由性质十分相近的镧、铈、镨、钕等15种镧系元素和与镧系元素性质极为相似的钪、钇共17种元素组成，统称稀土元素。这些元素在周期表中的位置如图1-1所示。

稀土是历史遗留的名称。这些元素从18世纪末叶开始被陆续发现。当时人们惯于把不溶于水的固体氧化物称作土，例如把氧化铝叫陶土，氧化镁叫苦土。稀土是以氧化物状态分离出来的，量很少，因而得名稀土。

在元素周期表中稀土的位置是ⅢB族，习惯用R (Rare Earth 稀土) 或RE来表示整个稀土元素。单个稀土元素的原子序数和名称是：21钪 (Sc)、39钇 (Y)、57镧 (La)、58铈 (Ce)、59镨 (Pr)、60钕 (Nd)、61铈 (Pm)、62钐 (Sm)、63铕 (Eu)、64钆 (Gd)、65铽 (Tb)、66镝 (Dy)、67铥 (Ho)、68铒 (Er)、69铥 (Tu)、70镱 (Yb)、71镱 (Lu)。发现稀土元素的历史相当漫长。从1794年芬兰化学家J. Gadolin发现钇，到1947年美国J. A. Marinsky从铀裂变物中得到铈，共经历了150多年^[1]。而本世纪60年代以前一直认为自然界内没有铈存在，只有从反应堆裂变物中获得放射性元素铈。直到1965年，荷兰的一个磷酸盐工厂在处理磷灰石中，发现了痕量的铈才改变了人们认为自然界中只存在16种稀土元素的看法。