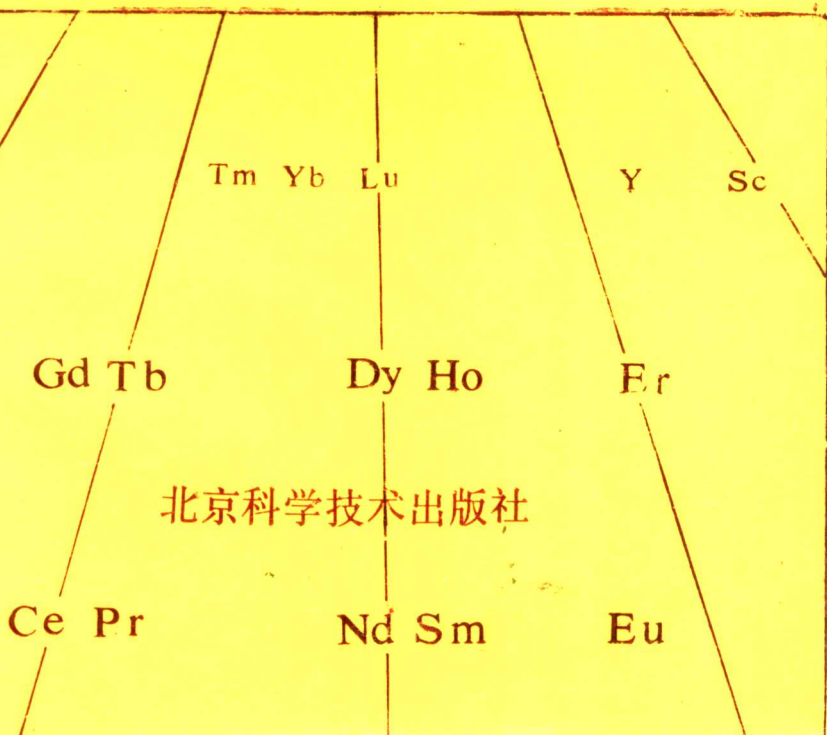


稀 土 在农业上的应用

余德金 吴玉光 编著



北京科学技术出版社

稀土在农业上的应用

余德金 吴玉光 编著

北京科学技术出版社

内 容 提 要

本书共分为五章，第一章介绍自然界中的稀土；第二章讲稀土的增产作用；第三至第五章讲稀土在粮食、蔬菜和果树上的使用方法。这三章是本书的重点，可作为基层的农业科技人员和中等农业技校的学习和参考材料。

稀 土 在 农 业 上 的 应 用

余德金 吴玉光 编著

北京科学技术出版社出版

(北京市西直门南顺城街12号)

河北唐县红光印刷厂印刷

787×1092毫米 32 开本 4.46印张 105千字

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

印数：1~2000

ISBN 7-5304-0888-7/S·66 定价：1.90

序

稀土元素在农作物上的应用研究，于1933年就已开始。我国从1972年才进行此项研究，1981年被列为国家重点攻关课题。经过5年时间的试验研究，于1986年春通过三部一委（农业部、卫生部、冶金部和国家科委）组织的有关方面的专家鉴定。现已广泛地在几十种农作物上应用，取得了良好的效果，为农业提供了一项新的重要增产措施。

稀土是镧系元素及与它性质相近似的铈和钇等17种金属元素的总称。我国稀土的蕴藏量约占世界总量的80%，而且品种齐全。农业上使用的稀土是以镧、铈、镨、钕为主的轻稀土。根据试验研究表明，少量镧和铈对多种农作物的生长和发育有良好的促进作用，增大剂量则产生抑制和不良的副作用。

稀土元素在农作物上的使用，经过多年试验证实，对于多种作物均有明显的增产作用，既能提高产品质量，又能增强作物的抗逆性，特别对西瓜和多种糖类作物提高含糖量具有显著的促进作用。

本书是作者多年工作的总结，也是长期试验研究工作的成果，这些成果曾获得过北京市农科院、北京市科委和农业部等有关部门的多项成果奖。他们将多年的试验研究结合实际工作，编写成《稀土在农业上的应用》一书。该书可供农业基层科技人员和中等农业技术专业学校的工作人员学习和

参考。也希望各地的农业科技人员在实际工作中，不断地加以补充完善和修正，以便更好地为农业生产服务，为早日实现农业现代化作出应有的贡献。

董克勤

1990年10月

目 录

第一章 稀土	(1)
第一节 自然界中的稀土.....	(1)
第二节 稀土的物理和化学性质.....	(6)
第三节 稀土在工农业上的应用.....	(8)
第二章 稀土对农作物的增产作用	(11)
第一节 稀土可提高种子的发芽率.....	(12)
第二节 稀土能促进作物根系的发育.....	(14)
第三节 稀土促进叶绿素的合成.....	(17)
第四节 稀土促进酶的活性, 加快物质的 转化.....	(21)
第五节 稀土促进作物对土壤中氮、磷、钾养 分的吸收.....	(23)
第六节 稀土具有一定的防病作用.....	(26)
第三章 稀土在粮食作物上的应用	(29)
第一节 稀土在小麦上的应用.....	(29)
第二节 稀土在水稻上的应用.....	(48)
第三节 稀土在玉米上的应用.....	(59)
第四章 稀土元素在蔬菜上的应用	(67)
第一节 蔬菜生产的重要性.....	(67)
第二节 稀土元素在大白菜生产中的应用.....	(68)
第三节 稀土元素在番茄上的应用.....	(77)
第四节 稀土元素在黄瓜上的应用.....	(87)

第五节 稀土元素在其它蔬菜上的使用·····	(96)
第五章 稀土元素在果树生产上的应用·····	(104)
第一节 稀土元素在苹果生产上的应用·····	(104)
第二节 稀土元素在桃树上的应用·····	(115)
第三节 稀土元素在葡萄生产上的应用·····	(123)
附录一 农作物使用稀土一览表·····	(134)
附录二 稀土溶液的配制与换算方法·····	(136)
附录三 注意事项·····	(137)
结束语	

第一章 稀 土

稀土是一个沿用下来的历史名称，它是一族金属元素的总称，这族金属元素是原子序数为51—71的镧系元素，主要是：镧(La)铈(Ce)镨(Pr)钕(Nd)钷(Pm)钐(Sm)铕(Eu)钆(Gd)铽(Tb)镝(Dy)钬(Ho)铒(Er)铥(Tm)镱(Yb)镱(Lu)以及和镧系元素化学性质相似的钪(Sc)和钇(Y)共17种元素，统称为稀土元素RARE EARTH。

稀土元素最初发现是在1787年，科学家阿赫乌尼斯在瑞典的乙特比城附近采集到一块黑色石头，1794年芬兰化学家加多林(J. Gadolin)在研究该石头时发现一种难溶于水的金属氧化物，取名为钇土，钇是为了纪念它的发现地乙特比城，土是当时对不溶于水的物质的惯称，以后发现了以镧为首的15种元素，它们的化学性质和钇非常相似，而且又极难分离，它们的单质和单一化合物十分稀少，它们的氧化物在当时的技术水平下大多不溶于水，故也称之为土，钪和钇与镧系元素极为相似，而且在元素周期表上都列为ⅢB族，因此都统称为稀土。

第一节 自然界中的稀土

稀土作为金属元素和其它元素一样存在于自然界中，而且在一定的地区富集而形成矿产，这些矿产经过开采形成对

工农业有用的物资。稀土元素不仅广泛地存在于地壳和土壤之中，而且也存在于植物和自然环境之中。

一、地壳和土壤中的稀土

1. 地壳中的稀土

地壳中的稀土元素含量为0.015%左右，一般说来酸性灰成岩中稀土元素含量较高，而基性岩浆岩如花岗岩和辉岩中含量稍低一些，它存在于独居石、褐帘石和磷灰石等矿物中，一般深色或色泽鲜艳的矿石中都含有稀土，在其它矿石中也含有一定量的稀土元素。

2. 土壤中的稀土

土壤中一般都含有稀土，它的含量一般在0.02%左右，其中只有很少部分呈可溶态，一般可溶态含量为痕迹—20ppm，但不同的成土母质形成的土壤中稀土总量和可溶态稀土的含量均不同。

表1-1 土壤中稀土元素的含量 (ppm)

土壤类型	成土母质	采集地点	全量	可溶态稀土含量
红壤	花岗岩	江西大余	621	19.5
砖红壤	玄武岩	广东福山	235	14.2
棕壤		山东莱西	185	3.7
潮土	冲积物	北京通县	190	5.7
垆土	黄土	陕西韩城	177	7.3

从总体上来看，土壤中稀土全含量一般在200ppm左右，酸性土壤中稀土含量略高，石灰性土壤中含量较低，不同母质形成的土壤稀土含量不同，而土壤中稀土元素含量与土壤类

型有一定的关系，与土壤母质的关系更为密切。如北京市的几种典型土类的分布为：棕壤—褐土—潮褐土—湿潮土—潮土，自上而下，土壤中稀土全含量也依次降低（见表1-2）。

表1-2 不同土壤类型稀土含量的分布

地 点	土 壤 类 型	稀土含量 (ppm)
房山周口店	棕 壤	200
	褐 土	200
昌平南邵	潮 土	180
	潮褐土	200
	潮 土	180
朝阳王四营	褐 土	200
	潮褐土	190
海淀温泉	褐 土	200
	湿潮土	190

从土体来看，稀土也和钙相似，有富集和淀积现象，它可以受水作用从表层向深层移动，表层含量略低，深层略高，如北京市丰台区南苑乡四顷三队，调查0—40cm土层含量为150ppm，40—100cm含量为180ppm。密云县河南寨调查，0—60cm含量为170ppm，60—100cm含量为220ppm，这种淀积常常与土壤中的铁锰结核有关，土壤中可溶性稀土含量与土壤pH值有关，酸性土壤中可溶性稀土含量高一些，石灰性土壤中可溶性稀土含量低一些。

二、植物中的稀土

稀土元素目前还不能确认是植物的必需元素，根据对植株的分析研究表明：稀土与植物体内所含的某些元素有一定

的关系，通过分析化验，几乎所有的植物中或农作物的产品中都含有一定量的稀土，表1—3中列出的是各省市对农作物调查的部分结果。

表1-3 各种作物中稀土元素的含量 (ppm)

植物种	稀土含量	植物种类	稀土含量
小麦	0.26—3.15	玉米籽粒	5
稻米	0.05—1.37	玉米叶片	122
大豆	0.26	甜菜块根	20
豌豆叶片	61	菠菜叶片	51
番茄果实	0.05—4	白菜	0.34—0.81
黄瓜	0.12—0.39	防风根	2296
西瓜	<0.05	桃(去皮)	<0.05
苹果	<0.05	橙	<0.05

从表中可以看出，粮食、蔬菜、瓜果及药材和野生植物中都含有稀土，植物的根茎叶和果实中都含有稀土，其分布情况大致是根>茎>叶>果实。从目前所掌握的情况看，防风的根稀土含量最多。高达2296ppm，西瓜的果肉和西红柿的果实含量最少，只有零点几个ppm。就果实（或籽粒）而言，虽然含量较少，但生长在不同地区的同一种作物其含量也不同，例如小麦的籽粒中稀土含量（见表1-4）就~~就~~很能说明这个问题。如我国山东省小麦籽粒中稀土含量较多，在1.77—3.15ppm之间；北京的就低，只有0.31—0.43ppm，加拿大的较少；阿根廷的含量较高。

表1-4 不同地区小麦中稀土的含量(ppm)

地 点	含 量	地 点	含 量
美 国	0.34—1.97	湖 北	0.26—1.84
加 拿 大	0.11—0.91	黑 龙 江	0.34—1.59
澳 大 利 亚	0.47—1.71	山 东	1.77—3.15
阿 根 廷	1.05—1.37	河 南	1.10—2.08
		北 京	0.31—0.43

从上表所例举的小麦籽粒中或多或少均含有稀土的情况看，它又进一步表明，土壤本身就含有稀土，只是不同的土壤稀土的含量是有差别的。因此，生活在不同地区的人，及各地区的人生活习性不同，饮食也有差别，所以每天从饮食中摄入的稀土量也是有差别的，这不会对人体的健康带来影响。最明显的例子，就是世代生活在矿区的人们，那儿的土壤、饮水、植物等稀土的含量都非常高，但对当地的人并未带来什么危害。

三、自然环境中的稀土

稀土不仅存在于地壳土壤和植物体内，而且还广泛地存在于自然环境中，存在于水、空气和人体中。如日本大阪的空气中稀土含量为 $16.338\text{mg}/\text{m}^3$ ，一般井水中稀土含量为 $0.003—0.06\text{ppm}$ ，平均值为 0.019ppm 。稀土元素的含量一般占人体重的 0.007% ，人体中稀土含量平均值为 3.34ppm ，含量为 $0.5—180\text{ppm}$ ，在人的骨骼中，稀土含量为 $0.5\text{mg}/\text{kg}$ 骨骼。另据推测，人平均摄入稀土量为 $2\text{mg}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，以食稻米为主的南方人，平均摄入量为 $1.75\text{mg}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，而以食小麦为

主的北方人摄入量则为2.25mg/人·日，人的允许摄入量为12—120mg/人·日。

第二节 稀土的物理和化学性质

稀土属于金属元素，因此具有金属的通性，表面有光泽，延展性好，能够导电、导热，稀土元素的晶体结构基本相似，电子结构也很相象，都有异常活跃的4f层电子，最外层电子排列也大体相同，因此具有磁性，是很好的超导材料。

一、稀土的存在形式和溶解度

稀土一般为超导材料，其导电、导热性能很好，稀土很少以单质形式存在，它们一般为正三价化合物，有氧化物、卤化物、硝酸盐、氢氧化物、硝酸复盐 $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 和硫酸复盐 $\text{La}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 MgSO_4 ，其通式为 $\text{R}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 MSO_4 （R为镧系元素；M为 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等）。稀土的卤化物易溶于水，硝酸盐的溶解度与pH有关，稀土的氧化物、硫酸盐和草酸盐都是难溶于水的，如稀土的 Ce^{3+} 只有1%的金属离子进行水解，而且不断析出沉淀形成 $[\text{Ce}_3(\text{OH})_6]^{4+}$ 的络离子，稀土复盐和它的氧化物是难溶的，它们的溶解度从总的趋势来看随碱度的减弱而减少，它们的性质接近于碱土金属Ca、Mg、Ba，但溶解度比它们小得多，而它们的溶解度随温度升高而降低，这方面又和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 相似，同时又能与土壤中的钙磷化合物争夺磷素，使土壤中难以被植物吸收的钙磷化合物转化成稀土磷，形成络合物激发磷的活性。稀土的硫酸盐的溶解度比氯化物小得多，如 $\text{La}_2(\text{SO}_4)_3$ 在20℃时溶解度为2.142g/100g水，而 LaCl_3 的溶解度为3.89g/100g水。在稀土的硫酸盐溶液中加入 K_2SO_4 、

Na_2SO_4 或 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 时形成复盐,它们的一价复盐活性性能比较好,易于被作物吸收。稀土的硝酸盐和氯化物比较,氯化物溶解度大于硝酸盐,可以利用硝酸稀土溶解度小于氯化稀土而将氯化稀土转化为硝酸稀土。

二、稀土的分组

1. 根据稀土的硫酸复盐溶解度可分为三组

- (1) 难溶性的镧组(镧、铈、镨、钕、钐、铕)
- (2) 微溶性的铈组(铈、钐、铕、镱)
- (3) 可溶性钐组(钐、铕、铈、镱、镱)

2. 根据稀土的物理化学性质可分为两组

- (1) 轻稀土组: 镧、铈、钕、镨、钐、铕、钐、铕。
 - (2) 重稀土组: 钐、铕、铈、铈、铈、铈、铈、铈、铈、铈。
- 轻稀土和重稀土比较,一般说来放射性弱一些,农业上一般用的稀土为轻稀土组的镧铈镨钕混合物的硝酸盐化合物。

三、稀土的三个吸收阶段

稀土施用在农作物叶面上,植物能够接受,但需要有一个吸收过程,一般这个吸收过程分为三个阶段:

1. 吸收期

稀土溶液喷淋在作物叶片上,作物叶片气孔张开,将含有稀土溶液的水珠吸收,通过叶片进行吸收和输送。

2. 显效期

一般在喷施后的5—10天。此期维持时间3—5天并在植物叶片上明显表现出施用稀土的作用,叶片增绿,此期测定叶绿素含量、光合作用强度、酶的活性、光呼吸强度均比对照明显增加。

3. 潜效期

由于稀土溶液采用叶面喷施的方法，植物叶片吸收后，逐步转入到茎、果实或根，此期表现特征消失，但通过示踪可以观察到稀土在植物体中运转。在构成作物产量因素调查中发现，施用稀土的产量有所增加。

四、稀土在农作物上应用表现出的三个特性

1. 突变性

稀土或是其它微量元素肥料喷淋在作物叶面上能够直接通过气孔被叶片所吸收，在植物上反映出效果来得快。

2. 短暂性

叶面施肥，显效比较短，不象大量肥料施在土壤中被根吸收再转移到叶面上，维持效果时间较长，而且稀土目前并非肥料，只对农作物起到间接的促进作用。

3. 敏感性

植物除去必需的16种元素外，还有其它一些元素对农作物生长可以起到一定促进作用，其中包括稀土元素，但植物对这些元素的适宜范围很小，对这些元素十分敏感，施用量大或小都不会有好的结果，因此更应该强调适宜的施用量。

第三节 稀土在工农业上的应用

一、我国的稀土资源

稀土占地壳的0.015%左右，它的贮存量大约为4300万吨稀土氧化物，其中国外只占总储量的20%，主要集中在苏联、巴西、美国、澳大利亚等国家。我国目前勘探出的稀土贮量为3600万吨，占全世界的80%，主要分布在内蒙古的包头市及江西、湖南、山东等省，南方和北方的矿藏中所含成份也略有不同。北方稀土一般是以钐为主的化合物型稀

土，而南方则以富镧的离子吸附型为主，因此，这两种不同的稀土矿所生产出的稀土在农业上应用的作用略有不同。

二、稀土在工业上的应用

稀土早已在工业上大量应用，在冶金中稀土硅铁合金、稀土硅铁镁合金作为铸铁的球化剂，在我国应用得比较广泛，它可以使铁水脱氧、脱硫，达到净化作用，使铸铁中的石墨产生球化作用。稀土加入到钢中可以细化钢的晶粒，提高钢的机械性能。稀土加到铅、铜、锌或贵金属中，可以提高强度、耐蚀性、耐磨性和耐高温性等。用稀土作石油裂化催化剂，可以增加产量。稀土还可以作汽车尾气净化剂、油漆干燥剂、塑料成型稳定剂、纺织染色助染剂等。在玻璃工业上，稀土可起到添加剂、着色剂、脱色剂和抛光粉的作用，可以获得特殊需要的光学玻璃，利用单一稀土的不同颜色，可以使玻璃产生各种鲜艳的色泽。利用稀土制成的抛光粉加工光学透镜、眼镜片、显像管等可以获得高质量的产品。稀土是构成高技术功能材料的核心，目前开发应用的有稀土超导材料、稀土精密陶瓷、稀土储氢材料、稀土磁光材料等高科技和新材料的开发应用。

三、稀土在农业上的应用

稀土在农业上应用始于30年代。苏联植物化学家Адробков研究了稀土在水培条件下对豌豆生长情况的影响，证明了单一稀土和混合稀土的硝酸盐在一定浓度下能提高豌豆的产量。从60年代开始，罗马尼亚和保加利亚的科学家对稀土在农作物上的应用进行了研究。我国从1972年开始在北京进行稀土农用的研究工作，1979年扩展到多种作物多学科联合攻关的研究，“六五”期间作为国家的重点攻关项目

进行研究，并取得了国家科技进步二等奖。“七五”期间，一方面作为国家的重点推广项目，另一方面，对稀土在农业上的应用及稀土农用的机理问题进行了深入的攻关研究。稀土农用作为一项新的技术在农业上大面积推广应用，并且从种植业扩展到林业、畜牧业和养殖业，在大农业的发展中起到一定的促进作用。