

贾文竹 邸贵田 主编

稀土 与 农业

中国农业出版社

稀土与农业

贾文竹 邸贵田 主编

中国农业出版社

主 编 贾文竹 邸贵田

副主编 杨志中 杨少国

参加编写人员 (以姓氏笔画为序)

王玉朵 王景生 田红卫 孙育强

李金铭 杨少国 杨志中 邸贵田

张文菊 张里占 郝月皎 贾文竹

农业与农村

贾文竹 邸贵田 主编

* * *

责任编辑 宛秀兰

中国农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号 100026)

新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

850mm×1168mm32开本 10印张 247千字

1998年10月第1版 1998年10月北京第1次印刷

印数 1~1000册 定价 38.00元

ISBN 7-109-05430-6/S·3464

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

稀土是近 30 年才进入人们日常生活的一组新金属、新材料。大多数人知道稀土在工业、尖端技术上有很多重要用途。但有些人认为稀土元素很稀少，与农业生产和生态环境没多大关系。其实不然，化验结果表明，在土壤中稀土元素的含量为土壤总重量的万分之二左右，植物体内稀土元素的含量为植物体重量的 $0.002\% \sim 0.05\%$ 。在我们吃的粮食中一般都含有 $0.05 \sim 2.0$ 毫克/千克的稀土。我国成年人平均每天饮食中摄入的稀土量大约为 2 毫克。可以说：自古以来稀土元素就存在于自然界的生物链中。过去人们对它注意不多，原因之一是因为其发现较晚，分离和提取较难，加上稀土在动、植物体中的生理作用还未弄清楚。近年来的一些研究表明，稀土元素具有一定的生理活性，它对植物的生根、发芽、叶绿素的增加和光合作用都有影响。在一些地区和一些作物上合理施用稀土能促进增产，稀土在农业中的作用已引起越来越多的专家和学者的注视。稀土农用，作为一项成本低、效益高的农业增产配套技术正在引起广大农民和农业科技工作者的兴趣。

《稀土与农业》的编写，以河北省土壤可溶态稀土含量调查和我国稀土农用试验示范推广应用资料为依据，除系统地介绍了农用稀土的生产工艺、稀土在土壤、植物、自然界、肥料、水中存在的形态，主要作物稀土施用技术与效果外；着重叙述了河北省土壤可溶态稀土含量的分布状况，利用分区，主要土壤类型与稀土，有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾、代换量、pH 值、碳酸钙含量高低与土壤可溶态稀土元素含量高低的相互关系。

并探讨了稀土元素对植物生理功能的研究，为进一步深化这方面的研究提供了信息资料。从某种意义上说，该书为农业生产和科技人员因地、因作物合理施用稀土提供了一定的依据。

由于稀土元素在农业上的应用历史较短，实用技术也不够完善，稀土元素使农作物增产的机理等问题还有待研究探索。加之编者水平所限，书中的缺点、错误和不足之处在所难免，敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

1998年3月

目 录

第一章 稀土农用概述	1
第一节 稀土元素概述	1
一、稀土的概念	1
二、稀土资源	2
三、稀土元素的物理、化学性质	3
四、稀土农用产品的制备	6
第二节 稀土在农业中的应用	10
一、稀土农用的规模与效果	10
二、稀土农用的前景	12
第三节 稀土农用的研究与发展	13
一、全国稀土农用概述	13
二、河北稀土农用研究与发展	15
第二章 自然界中的稀土元素	20
第一节 地壳中的稀土元素	20
一、地壳中稀土元素的含量	20
二、岩石中稀土元素的存在状态	21
第二节 土壤中的稀土元素	22
一、土壤中稀土元素含量	22
二、土壤中可溶态稀土元素	26
三、土壤中稀土元素的形态	31
第三节 植物中的稀土元素	32
一、植物中稀土元素的含量	32
二、环境因素对植物体内稀土元素含量的影响	33
第四节 肥料中的稀土元素	34

第三章 河北土壤的稀土与分布	35
第一节 土壤稀土元素含量水平分级原则与指标	35
一、土壤可溶态稀土元素含量水平分级原则	35
二、土壤可溶态稀土元素含量水平分级指标划分	35
第二节 土壤稀土的地理分布	36
一、各行政区的土壤稀土分布	37
二、各地貌类型区土壤稀土分布	39
第三节 土壤类型与稀土	44
一、棕壤	44
二、褐土	46
三、潮土	47
四、栗钙土	47
五、栗褐土	48
六、粗骨土	49
七、风沙土	50
八、新积土	50
九、石质土	50
十、草甸土	51
十一、砂姜黑土	51
十二、沼泽土	51
十三、盐土	51
十四、水稻土	52
十五、灌淤土	52
十六、河北省主要土壤类型含可溶态稀土元素比较	52
第四节 土壤稀土利用与分区	53
一、分区原则	53
二、分区	54
三、河北省土壤可溶态稀土元素分区利用方式	56
第四章 土壤稀土含量与相关因素	59
第一节 河北省土壤可溶态稀土元素含量及相关因素值	59
第二节 自然条件与稀土	59

一、温度与稀土·····	59
二、降水与稀土·····	61
三、地下水与稀土·····	63
第三节 成土母质与稀土·····	63
一、河北省土壤主要母质类型·····	64
二、土壤母质与稀土·····	65
第四节 土壤质地与稀土·····	67
第五节 土壤碳酸钙含量与稀土·····	69
第六节 土壤酸碱性与稀土·····	70
第七节 土壤代换量与稀土·····	72
第八节 大量土壤养分与稀土·····	74
一、土壤有机质与稀土·····	74
二、土壤氮素与稀土·····	76
三、土壤磷素与稀土·····	77
四、土壤钾素与稀土·····	79
第五章 稀土元素对植物生理功能的研究·····	82
第一节 稀土元素在植物体内的分布和存在状态·····	83
一、稀土元素在植物体内的分布·····	83
二、稀土元素在植物体内的存在状态·····	84
第二节 稀土元素对植物生长的影响·····	84
一、稀土与种子萌发·····	85
二、稀土与植株生长·····	87
三、稀土与作物开花结果·····	89
四、稀土与部分作物产品品质·····	89
第三节 稀土元素与根系的生理活动·····	91
一、稀土与根的伸长·····	91
二、稀土与植物生根·····	92
三、稀土与根系活力·····	93
四、施用稀土与作物的养分吸收·····	94
第四节 稀土元素与植物的光合作用·····	95
第五节 稀土对植物其他生理功能的影响·····	96

一、稀土对酶的影响	96
二、稀土与生物固氮作用	98
三、稀土与某些激素的相互作用	99
四、稀土与植物的抗逆性	100
第六章 稀土农用技术	102
第一节 作物吸收稀土的过程及表现特性	102
一、作物吸收稀土的过程	102
二、稀土在作物中的表现特性	103
第二节 影响稀土施用效果的主要因素	104
一、土壤可溶态稀土元素含量的影响	104
二、作物种类的影响	104
第三节 稀土施用技术	105
一、施用剂量与浓度	105
二、施用方法	106
三、施用时期与次数	107
四、喷液量与喷液时间	108
五、稀土与氮、磷、钾等常用肥料配合施用	109
六、稀土与农药配合施用	109
七、配制稀土溶液时应注意的问题	109
八、农用稀土新型产品的施用	110
九、因地制宜，合理施用稀土	110
第七章 粮食作物施用稀土的技术与效果	112
第一节 小麦施用稀土的技术与效果	112
一、稀土对小麦产量的影响	112
二、稀土对小麦生长发育的影响	116
三、稀土对小麦植株氮、磷、钾含量的影响	116
四、稀土对小麦病害的影响	117
五、小麦施用稀土的方法	118
第二节 玉米施用稀土的技术与效果	118
一、稀土对玉米生长发育的影响	119
二、稀土对玉米产量的影响	119

三、玉米施用稀土的方法	122
四、注意事项	122
第三节 水稻施用稀土的技术与效果	122
一、稀土对水稻苗期的影响	123
二、稀土对水稻叶片老化指数的影响	123
三、稀土对水稻根系的影响	123
四、稀土对水稻产量的影响	124
五、水稻施用稀土的方法	126
六、注意事项	126
第四节 谷子施用稀土的技术与效果	126
一、谷子施用稀土的增产效果	127
二、谷子施用稀土的方法	128
第五节 甘薯施用稀土的技术与效果	128
一、稀土对甘薯生育期的影响	128
二、稀土对甘薯秧苗的影响	129
三、稀土对甘薯及茎叶产量的影响	129
四、甘薯施用稀土的方法及注意事项	130
第六节 马铃薯施用稀土的技术与效果	130
一、稀土不同剂量拌种对马铃薯产量的影响	131
二、稀土大田示范对马铃薯产量的影响	131
三、稀土对马铃薯淀粉含量的影响	132
四、稀土对马铃薯生育性状的影响	132
五、马铃薯施用稀土的方法	132
第七节 蚕豆施用稀土的技术与效果	132
一、稀土对蚕豆生长发育的影响	133
二、稀土对蚕豆产量的影响	133
三、蚕豆施用稀土的方法	133
四、注意事项	134
第八章 油料作物施用稀土的技术与效果	135
第一节 花生施用稀土的技术与效果	135
一、稀土对花生生育期的影响	136

二、稀土对花生生长发育的影响	136
三、花生施用稀土的方法及注意事项	138
第二节 大豆施用稀土的技术与效果	139
一、稀土对大豆生长发育的影响	139
二、稀土对大豆产量的影响	140
三、大豆施用稀土的方法	141
第三节 油菜施用稀土的技术与效果	141
一、稀土对油菜产量的影响	142
二、稀土对油菜生长发育的影响	142
三、油菜施用稀土的方法及注意事项	143
第九章 蔬菜施用稀土的技术与效果	145
第一节 大白菜施用稀土的技术与效果	145
一、稀土对大白菜生长发育的影响	145
二、稀土对大白菜产量的影响	146
三、大白菜施用稀土的技术	146
四、大白菜施用稀土的注意事项	147
第二节 黄瓜施用稀土的技术与效果	148
一、稀土对黄瓜生长发育的影响	148
二、稀土对黄瓜产量的影响	149
三、黄瓜施用稀土的技术	150
四、黄瓜施用稀土的注意事项	150
第三节 番茄施用稀土的技术与效果	150
一、稀土对番茄生长发育的影响	151
二、稀土对番茄产量及经济性状的影响	151
三、番茄施用稀土的技术	152
四、番茄施用稀土的注意事项	152
第四节 辣椒施用稀土的技术与效果	153
一、稀土对辣椒生长发育的影响	153
二、稀土对辣椒产量、品质的影响	154
三、辣椒施用稀土的技术	154
四、辣椒施用稀土的注意事项	155

第五节 黄花菜施用稀土的技术与效果	155
一、稀土对黄花菜生长发育的影响	155
二、稀土对黄花菜产量、品质的影响	156
三、黄花菜施用稀土的技术	156
四、黄花菜施用稀土的注意事项	157
第六节 西瓜施用稀土的技术与效果	157
一、稀土对西瓜生长发育的影响	157
二、稀土对西瓜产量、品质的影响	158
三、西瓜施用稀土的技术	159
四、西瓜施用稀土的注意事项	159
第十章 果树施用稀土的技术与效果	161
第一节 苹果树施用稀土的技术与效果	161
一、稀土对苹果生长发育的影响	161
二、稀土对苹果的产量、品质的影响	162
三、苹果施用稀土的技术	163
四、苹果施用稀土的注意事项	164
第二节 梨树施用稀土的技术与效果	164
一、稀土对梨树生长发育的影响	164
二、梨树施用稀土的方法	166
三、梨树施用稀土的注意事项	167
第三节 桃树施用稀土的技术与效果	167
一、稀土对桃树生长发育的影响	167
二、稀土对桃产量、品质的影响	168
三、桃树施用稀土的技术	168
四、桃树施用稀土的注意事项	168
第四节 葡萄施用稀土的技术与效果	169
一、稀土对葡萄生长发育的影响	169
二、稀土对葡萄产量、品质的影响	170
三、稀土在葡萄树上的施用技术	170
四、葡萄施用稀土的注意事项	171
第五节 枣树施用稀土的技术与效果	171

一、稀土对枣树生长发育的影响	172
二、稀土对枣树产量、品质的影响	172
三、稀土在枣树上的施用技术	172
四、枣树施用稀土的注意事项	173
第六节 香蕉施用稀土的技术与效果	173
一、稀土对香蕉生长发育的影响	173
二、稀土对香蕉品质的影响	174
三、稀土对香蕉的增产效果	174
四、香蕉施用稀土的技术	175
五、香蕉施用稀土的有效条件及注意事项	176
第七节 柑橘施用稀土的技术与效果	177
一、稀土对柑橘生长的影响	177
二、稀土对柑橘品质的影响	179
三、稀土对柑橘的增产效果	179
四、柑橘施用稀土的技术	180
五、柑橘施用稀土的有效条件	182
第十一章 其他作物施用稀土的技术与效果	184
第一节 棉花施用稀土的技术与效果	184
一、稀土对棉花生长发育的影响	184
二、棉花施用稀土的增产效果	186
三、稀土在棉花上的施用技术	188
四、棉花施用稀土注意事项	189
第二节 亚麻施用稀土的技术与效果	190
一、稀土对亚麻生长发育的影响	190
二、亚麻施用稀土的增产效果	191
三、亚麻施用稀土的技术	191
四、亚麻施用稀土的注意事项	192
第三节 甜菜施用稀土的技术与效果	192
一、稀土对甜菜生长发育的影响	192
二、稀土对甜菜的增产效果	193
三、甜菜施用稀土的技术	193

四、甜菜施用稀土的注意事项	195
第四节 甘蔗施用稀土的技术与效果	195
一、稀土对甘蔗生长的作用	195
二、甘蔗施用稀土的技术	197
三、甘蔗施用稀土的增产效果	198
四、甘蔗施用稀土的注意事项	199
第五节 烟草施用稀土的技术与效果	200
一、稀土对烟草生长发育的影响	200
二、稀土对烤烟品质的效应	201
三、稀土对烟草的增产效果	202
四、烟草施用稀土的技术	202
五、烟草施用稀土的注意事项	203
第六节 牧草施用稀土的技术及增产效果	204
一、稀土对牧草生长发育的影响	204
二、牧草施用稀土的增产效果	204
三、牧草施用稀土的技术	205
四、牧草施用稀土的注意事项	205
第七节 茶树稀土施用的技术与效果	205
一、稀土对茶树生长发育的影响	205
二、稀土对茶叶产量和品质的影响	207
三、茶树稀土施用的方法	208
四、茶树施用稀土的注意事项	209
第十二章 稀土化验分析方法	210
第一节 土壤、水和肥料中稀土含量的测定	210
一、土壤中稀土含量的测定	210
二、磷肥中稀土含量的测定	215
三、水中稀土总量的测定	216
第二节 生物体中稀土含量的测定	217
一、粮食中稀土总量的测定——三溴偶氮胂 (TAB) 光度法	218
二、粮食中痕量稀土元素的测定——催化分光光度法	219
三、食品中稀土元素总量的测定——三波长法	220

四、植物体中稀土含量的测定	221
第三节 农用稀土化合物的测定	223
一、稀土总量的测定	223
二、几种单一稀土的测定	225
三、杂质的测定	227
附录 河北省土壤中可溶态稀土元素及相关因素	231

第一章 稀土农用概述

第一节 稀土元素概述

一、稀土的概念

稀土是元素周期表中的一组元素，它是由性质十分相近的 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，统称为稀土元素，简称稀土。

在元素周期表中稀土的位置是ⅢB族，习惯用 R (Rare Earth) 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 钷 (Pm)、62 钐 (Sm)、63 铕 (Eu)、64 钆 (Gd)、65 铽 (Tb)、66 镝 (Dy)、67 钬 (Ho)、68 铒 (Er)、69 铥 (Tm)、70 镱 (Yb)、71 镥 (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 年美国人 J. A. Marinsky 从铀裂变物中得到钷，共经历了 150 多年，而本世纪 60 年代以前一直认为自然界内没有钷存在，只有从反应堆裂变物中才能获得放射性元素钷。直到 1965 年，荷兰的一个磷酸盐工厂在处理磷灰石中，发现了痕量的钷才改变了人们认为自然界中只存在 16 种稀土元素的看法。

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。由于当时的化学科学技术还不发达，用水或碱不能把自然界存在的稀土化合物溶解。按当时的习惯，凡不溶于水的物质都称之为土，例如把氧化铝叫陶土，氧化镁叫苦土，所以它们也就被认为是土的一种了。由于镧系的 15 种元素，化学性质相近，很

难单一分离出来，被认为是稀少的，故称为稀土。

二、稀土资源

稀土元素并不稀少，17种稀土元素共占地壳总重量的0.0153%，比钼、镍、锌、银、铜、汞等常见金属元素都多。就单个元素来讲，以铈最多，它的克拉克值（克拉克值表示某一元素在地壳中的重量百分比）为0.0046%，与常见的元素锌差不多。钇的克拉克值为0.0028%，镧为0.0018%，比常见的元素铅还多。总的来说，稀土元素在地壳中的含量与铜、铅、锌不相上下，比锡、钴、银、汞多的多。过去认为稀土元素稀缺又很贵重，主要是因为这些元素被发现的晚，加上当时的科学技术水平所限，很难制取或分离出纯的化合物和金属，因而限制了人们对稀土的了解和应用。

自然界中已发现的稀土矿物有250种以上，而具有工业开采价值的不到10种。其中最重要的稀土矿物是：氟碳铈镧矿（Ce、La） FCO_3 ，工业精矿含稀土氧化物60%~75%；独居石矿 CePO_4 ， $\text{Th}_3(\text{PO}_4)_4$ ，工业精矿含稀土约60%；磷钇矿，工业精矿含钇约30%；离子吸附型稀土矿等。

表 1-1 一些国家或地区的稀土资源

单位：万吨 R_2O_3

国家或地区	工业储量	国家或地区	工业储量
美 国	453.6	非 洲	6.34
加 拿 大	22.7	马来西亚	2.72
巴 西	31.75	印 度	90.7
前 苏 联	45.36	澳大利亚	36.3
北 欧	5.4	中 国*	3600

* 摘自 Mining annual review 1987.

表 1-1 介绍了世界一些国家和地区已探明的稀土资源工业储