

中国硅肥

蔡德龙 冯能声 赵凤兰 主编



湖北科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

中国硅肥 / 蔡德龙,冯能声,赵凤兰主编. —武汉:
湖北科学技术出版社,2016.12

ISBN 978-7-5352-9201-8

I. ①中… II. ①蔡… ②冯… ③赵… III. ①硅肥—文集
IV. ①S143.7-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 260295 号

责任编辑:兰季平

封面设计:胡 博 柯忆静

出版发行:湖北科学技术出版社

电话:027-87679468

地 址:武汉市雄楚大街 268 号

邮编:430070

(湖北出版文化城 B 座 13-14 层)

网 址:<http://www.hbstp.com.cn>

印 刷:

邮编:430064

787×1092 1/16

33 印张

742 千字

2017 年 1 月第 1 版

2017 年 1 月第 1 次印刷

定价:298.00 元

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

内容提要

据联合国发表的数据表明化学肥料对农业生产贡献率大约在 40%~60%，而我国化学肥料利用率 2015 年为 32%，规划到 2020 年达到 40%，发达国家化学肥料利用率在 60%。我国有十三亿多人口，占世界总人口的 19%。仅仅拥有世界 9% 的耕地，6% 的水资源，但是消费了世界上 30% 的化肥。由于化肥过量的不合理施用引起的资源浪费、土壤退化、环境污染等问题越来越突出。提高肥料利用率、减少肥料用量势在必行。当下的化肥行业处于转折十字路口，出现了许多新情况，逼着肥料企业改变。新情况归纳起来有以下几点：一、化肥增值税优惠政策停止执行，自 2015 年起，对纳税人销售和进口化肥统一按 13% 税率征收国内环节和进口环节增值税。二、大型化肥企业享受天然气、用电优惠价格分别在 2015 年起取消。三、化肥铁路提高了运输价格（由原来 2 类调到 4 类）。四、化肥冬存数量下降。国家已经规定到 2020 年化肥零增长，今后不得不考虑增加中微量元素的施用，而硅是重要中微量元素之一。

本书收集了 21 世纪以来（2000—2015 年），我国公开发表的有关硅营养研究与硅肥应用的各种学报、杂志中所有的论文。通过编委会审定选择（原则是兼顾论文作者，论文区域，论文作物类型）有代表性论文全文收录于本书。而把没有收入的论文，以附录形式附在本书后面，供读者参考。根据论文内容分门别类将本书编辑成十章，分别是硅肥在各种作物（水稻、麦类、玉米禾本科作物；蔬菜、花生、大豆及瓜果、甘蔗）上施用效果共五章；硅肥在防治病虫害、硅肥防治土壤重金属污染作用、硅肥提高农产品品质作用分 3 章。另外，将水稻硅营养及硅肥应用综述论文归纳为一章。

本书可供农业科技工作者，农业大专院校在校学生、研究生、土肥工作者、肥料企业家及种植户农民参考。

编 委 会

主 编：蔡德龙

副主编：冯能声 赵凤兰

编 委：吴礼树 梁永超 涂书新 贾建新

龚 伟 于广武 邵建华 王登甲

何广欣 高红莉 杨金花 徐子文

刘建明 尹称意 米微微

作者简介

蔡德龙,男,日本东京大学农学博士、研究员、国家有突出贡献专家,1998年荣获中华人民共和国“优秀回国人员”称号,受到李鹏总理接见。河南省人民政府参事,河南省第十届、第十一届人大代表,人大常委会委员。被誉为“中国硅肥之父”,专事植物营养与肥料研究。

大学毕业后主要从事黄淮海平原土壤改良研究、环境保护“河南省食品、土壤、水中六六六、DDT农药残留量调查”。先后提出并主持了“河南土壤中微量元素含量分布及农业上应用”及“硅营养研究及硅肥的研制与应用”重大攻关项目并被国家科技部作为《“八五”、“九五”全国重大科技成果推广计划》项目。“多元微肥”研究成果获得《北京首届国际博览会》金奖。1980年及1987年先后出版了《城市环境保护》、《微量元素肥料施用技术》专著。1995年成立了河南省硅肥工程技术中心,2000年主编出版90万字《中国硅营养研究与硅肥应用》论文集,2001年出版《硅肥及施用技术》专著。获省部级以上科学进步奖20多项。在国内外发表科技论文50多篇。

前 言

20 世纪,我国硅肥的研究与应用论文已经全部收集在 1999 年我们编写出版的《中国硅营养研究与硅肥应用》著作里了。

21 世纪已经过去 15 个年头,为了满足植物营养和肥料科学工作者、国内肥料企业家的要求,便于广大用户了解最新的硅肥施用效果和研究进展,进一步把硅肥事业推向前进,河南省科学院地理研究所、硅肥工程技术研究中心和武汉市秀谷科技有限公司合作编著了《中国硅肥》一书。

借此机会,我在这里谈谈真正把日本硅肥引进、消化、吸收的一些不为人知的信息。

20 世纪中期,国家公派我作为访问学者去日本东京大学植物营养和肥料研究室学习,1988 年 6 月的偶然的一天,时任日本土壤肥料学会理事长熊泽喜久雄教授来问我:“今天我给学生上植物营养课,你想去听课吗?”我马上跟随熊泽喜久雄教授去听课,讲课内容为硅营养与硅肥,听着听着我感到非常吃惊。在我国农业院校教科书上根本没有出现过硅营养的内容,学生不了解国外硅营养研究进展,更没有听说过硅肥,而硅肥在国外却已大面积推广应用,并取得了很好的效果。从那天起,我就放下博士论文《微量元素肥料在植物根圈移动》的研究,查找日本硅肥研究与应用论文,打听到硅肥研究生产应用较早的国立山梨大学小林均教授所在生物研究室,经我的博士生导师茅野充男教授推荐,跟随小林均教授近 2 年,学习考察日本硅肥生产到硅肥田间应用效果。1989 年李鹏总理访问日本,在中国驻日本大使馆接见了我们,总理勉励留学生学成以后把先进技术带回中国。

经过调查研究与学习,我深信硅肥生产技术带回中国一定会对中国农业生产产生巨大经济效益与社会效益。

回国以后,我进行了调研,发现我国硅肥研究与应用是 20 世纪 90 年代才刚刚起步,只是从日本等国发表的论文中了解一二,仅仅在我国南方有少量试验,小规模的生产没有形成产业,全国发表的论文也很少。农业院校教科书及农业出版书籍也没有介绍硅肥的任何内容,国内农业科技人员很少关注硅营养及硅肥应用问题,更不要说农民了。

1990 年 5 月,我下决心短暂回国。为了把日本硅肥生产技术引进我国,我聘请了日本小林均教授,组成了硅营养研究和硅肥应用研究组。得到了国家和河南省科学技术委员会大力支持,国家专门拨款在信阳明港建成了国内第一个规模化硅肥工厂。与此同时,我们结合国内土壤情况深入研究硅营养,发现了我国黄河,长江,海河,淮河水系二氧化硅含量普遍低于 10mg/L,提出了不同土壤硅临界值不同的理论,打破了华北土壤不缺硅的观念,通过大量试验发表了



硅肥既能改良红壤又能改良盐碱地和减轻重金属对植物污染的论文。

1995 年国家科学技术委员会在郑州召开了首次《全国硅肥生产及应用技术研讨会》。我国把硅营养和硅肥的应用写进了大学教科书。

1996 年云南省、湖南省、江西省政府分别召开了硅肥会议并邀请我去做学术报告。1999 年国家科技部把《硅营养研究与硅肥应用》成果确定为全国重点推广项目,获得了一系列大奖,科技日报整版报道了“硅肥潮”。2002 年,我参与起草农业部颁标准硅肥标准,2004 年农业部标准颁布。现在农业部把硅肥归属到土壤调理剂一类。

我在国家科学技术委员会资金支持下,出版了《硅肥及施用技术》专著,主编出版了《中国硅营养研究与硅肥应用》著作。

国际上,在 1999 年美国佛罗里达大学举行了第一次《硅肥与农业》学术会议,会议决定 4 年一次分别在日本、巴西、南非、中国、瑞典召开,下次在印度召开,充分说明硅肥研究在国际上的重视程度。

据我多年各地考察,武汉市秀谷科技有限公司在全国硅肥销售数量第一,产品销售到大江南北,产品质量不错。公司专门出版了《中国硅肥》小报普及知识,收到了满意效果,为行业发展做出了不小的贡献。我与公司领导座谈时,他们指出:“我国无论从理论上与应用效果看,硅肥前景非常广阔。”理由如下:

13 亿 7000 万人口的吃饭问题是发展我国经济的头等大事,随着人们生活水平的提高,居民对粮食、水果及蔬菜消费会提出优质化,提高产品质量是大势所趋,硅肥能够增产又能够改善品质。为了提高老百姓在吃上的幸福指数,需要包括硅肥在内的诸领域的实用技术,促进整个大农业的科技进步。

我国存在大面积的缺硅土壤,农业生产需要大量硅肥。我们 20 世纪 90 年代中期调查表明:我国缺硅耕地面积占全国耕地面积的 70% 以上。随着产量不断提高,化学肥料不断施用,老百姓意识的提高,硅肥越来越需要。

硅肥能够有效治理盐碱地、红壤及重金属污染的土壤:①能有效调理酸性土壤。②改变板结土地。随着国民生活的需要,国家政策的支持,社会的发展,依我所见,硅肥的生产应用推广前景非常广阔。③补充作物需要的重要元素。

蔡德龙博士

目 录

一 水稻硅营养研究应用综述

国内外硅肥研究与应用进展	3
植物硅素营养研究进展	8
硅肥对水稻产量及生理特性影响的研究进展	11
水稻的硅素营养探讨	16
水稻硅营养的研究进展	20
水稻硅营养与硅肥应用效果研究进展	24
水稻硅肥施用效果及技术研究	29
硅肥在水稻上的应用研究进展	37
植物硅营养的研究进展	43
水稻施用硅肥研究综述	50

二 硅肥在水稻上应用

硅肥在杂交水稻上的肥效研究	57
硅肥对水稻产量及其构成因素的影响	60
水稻全价硅肥的应用技术及效果研究	62
硅肥在水稻上的应用	65
黑龙江省水稻硅肥效果研究	68
钾肥和硅肥施用量对寒地水稻产量及产量性状影响	73
白浆型水稻土硅肥的增产效应	76
硅磷复合对水稻的肥料效应影响研究	79
硅肥在连作晚稻上的应用效果初报	82
硅肥在水稻拔节期应用效果试验	84
硅肥在单季稻上的施用效应	88



硅肥对水稻产量的影响	90
水溶性硅肥在水稻上的施用效果	93
硅肥在水稻生产上的应用效果研究	96
辽宁省水稻土供硅能力及硅肥肥效的研究	99
北方酸性水稻土上氮磷硅肥配施对水稻产量影响的研究	103
施用硅肥对水稻生长及产量的影响	107
施硅对水稻土磷素吸附与解吸特性的影响研究	109
高氮水平下施用硅肥对水稻经济性状的影响	113
水稻吸硅特点及硅肥效应研究	115
施硅对超级杂交稻抗倒性的影响	118

三 硅肥在麦类及玉米上应用

盐渍土冬小麦施用硅肥效应的试验研究	127
不同施硅肥水平对小麦生产的效应探讨	130
硅对盐胁迫下玉米幼苗生长的影响	133
硅肥的抗旱增产作用	137
玉米施用硅肥的肥效初探	140
不同 P、K、Si 肥对玉米苗期抗寒效果的研究	142
硅肥对玉米和大豆光合特性及产量形成的影响	147

四 硅肥在蔬菜上的应用

硅肥在蔬菜上的应用研究现状与展望	155
硅营养对蔬菜生理效应的研究进展	159
水溶硅肥在蔬菜上的应用效果及其施用技术	163
钙、镁、硫、硅用量对大葱产量的影响	167
硅对水培大蒜生长和生理特性的影响	171
生姜施用钢渣硅肥防病增产的效果试验初探	175
增施硅肥对生姜的影响研究	177
番茄施用硅肥的肥效初探	179
硅对盐胁迫下黄瓜幼苗生长和矿质元素吸收的影响	181

马铃薯施用硅肥的肥效初探	186
硅肥对雷竹林生长影响研究	188
硅处理对甜瓜采后 POD、PAL 和呼吸强度的影响	194
硅对甜瓜早熟性及光合特性的影响	198
硅对甘薯前期生长特性和主要矿质元素积累的影响	201

五 硅肥在花生大豆等经济作物上应用

高油大豆施用硅钙多元复合肥试验研究	207
土壤有效硅对大豆生长发育和生理功能的影响	211
硅肥对高粱耐旱性的影响	216
硅肥在棉花上的应用研究	219
硅肥对烟叶生产性状的影响	222
水溶性硅肥在烤烟中的应用研究	224
全水溶性硅肥对江西烟区烤烟生长及质量的影响	228
油菜增施硅肥效应研究	233
硅和微量元素对百合鲜切花生长影响的研究	236

六 硅肥在瓜果甘蔗苜蓿草坪上应用

不同硅肥处理对苹果树硅及其他中微量元素吸收的影响	243
大棚葡萄施硅肥效果试验研究	247
施硅对草莓光合特性和产量的影响	249
钙和硅叶面肥对‘黄冠’梨果实发育期间生理生化变化的影响	252
干旱条件下硅对草地早熟禾生长初期的影响	258
硅磷互作对甘蔗生长及产量效应研究	261
硅肥对甘蔗生产性状的影响	266
硅对干旱胁迫下草坪草叶片保护酶系统及丙二醛含量的影响	268
硅对紫花苜蓿早期生长发育的影响	273
硅对紫花苜蓿产量的影响	278
硅对紫花苜蓿生物学特性的影响	283
硅对紫花苜蓿分枝数、开花数和结荚数及叶面积的影响	289



七 硅肥治理重金属污染

硅肥对水稻镉吸收影响初探	295
钾硅肥施用对水稻吸收铅、镉的影响	298
硅肥与硒肥施用对水稻吸收积累 Cd 的影响规律研究	304
硅肥和磷肥配合施入对水稻土吸附镉的影响	309
硅肥和钙镁磷肥对作物吸收重金属镉的抑制作用研究	313
石灰和硅肥对非污染土壤 Cd 有效性和花生 Cd 含量的影响	315
镉污染稻田施用钾硅肥对杂交晚稻吸收积累镉的影响	320
硅肥抑制作物吸收重金属的研究进展	326
硅肥施用对重金属污染土壤甘蔗镉吸收的影响研究初探	331
施硅对抑制植物吸收重金属镉的效应研究进展	335
施硅对白菜地上部吸收重金属镉的抑制效应	339
硅对水稻吸收镉的影响	344
硅素调理剂在镉超标菜地中的应用效果	349
硅缓解小麦镉毒害的效应研究	357

八 硅肥提高农作物品质

硅肥对改善农作物品质研究及新进展	363
不同浓度硅对温室水培黄瓜生长发育和营养品质的影响	369
不同用量硅钙镁钾肥对设施黄瓜长势、产量及品质的影响	373
铜钼硅营养对苦瓜产量和品质影响的研究	377
硅肥对韭菜产量及品质的影响	381
液态硅钾肥对日光温室番茄品质及产量的影响	385
叶面施硅对西芹养分吸收、产量及品质的影响	388
硅对青蒜苗生长、光合特性及品质的影响	393
增施硅肥对葡萄生理、品质的影响研究	400
增施硅肥对石榴生理、品质的影响研究	405
酸性土壤条件下硅对苹果果实品质和植株锰含量的影响	409
硅对草莓生长发育及产量品质的影响	412

硅肥对大豆农艺性状、产量及品质的影响	416
施硅对川西蒙山茶叶品质的影响研究	420
硅钙钾肥对油菜生长和品质的影响	424
速溶性硅肥对烤烟产量和质量的影响	427

九 硅肥抗病虫害作用

不同硅肥用量对水稻抗逆性和产量的影响	433
氮磷钾硅肥合理配施对稻瘟病的影响	436
硅肥对直播水稻的抗逆性和产量的影响	439
硅钾肥配施对小麦抗条锈病及产量的影响	442
硅肥施用方式对小麦白粉病防治效果及籽粒淀粉含量与粉质特性的影响	445
施用硅肥对黄瓜抗白粉病及其产量的影响	449
硅对菜心炭疽病发生、菜薹形成及硅吸收沉积的影响	451
硅对瓠瓜酚类物质代谢的影响及与抗白粉病的关系	458

十 硅肥试验效果展示

2015 年土壤调理剂晚稻田间试验报告	463
“问地”硅肥在马铃薯上的应用	465
“两广第四元素”硅肥在甘蔗上的应用效果	468
“秀谷·硅谷子”硅肥用产量效益说话	471
“学大寨”硅肥在烟草上的应用效果	473
土壤调理剂在水稻农田上的田间小区试验报告	476
土壤调理剂在早稻农田上的田间小区试验报告	481
土壤调理剂在晚稻农田上的田间小区试验报告	485
土壤调理剂在小麦农田上的田间小区试验报告	489

附录	494
----------	-----



一 水稻硅营养研究应用综述





国内外硅肥研究与应用进展

蔡德龙

(河南省硅肥工程技术研究中心; 郑州 450052)

摘要:硅是作物主要营养元素之一, 无论从硅研究和开发历史, 还是从生产实践上看, 硅肥重要性众所公认, 硅肥的主要作用为修复、改良被污染的土壤; 提高作物产量和品质; 促进营养吸上和利用, 提高肥料利用率; 增强作物抗旱、抗涝、抗病虫, 抗倒伏等抗逆性。

关键词:国内外; 硅肥; 应用

1 引言

作物生长发育需要阳光、水分、热量、空气和养分。作物需要的水分和养分主要从土壤中吸收的。土壤中有许多养分, 但是仅仅依靠存在土壤中的自然养分是不能满足作物高产再高产需要的, 人工施肥是补充养分的必要手段。施肥在我国有 2000 多年的历史。但是, 科学的植物营养理论的创立和化学肥料的开始施用, 只是 1840 年德国化学家李比希, J. von(Justus von Liebig, 1803~1873) 提出矿物质营养理论, 奠定了现代化学肥料工业的基础以后近 170 年的事。

本文简单回顾世界化学肥料发展历史, 重点讨论硅肥研究与应用进展。

2 从化学肥料的发展历史看硅肥

化学肥料是经过化学反应过程或物理过程加工生产一种或者几种植物所需要的营养元素的产品。世界上最早称得上化学肥料的是磷肥。1842 年英国劳斯获得了用硫酸处理骨粉生产过磷酸钙的专利; 钾肥的生产是磷肥以后 20 年的事了。

德国化学家李比格发现钾盐可以作为一种化学肥料利用, 钾肥才开始出现。1861

年, 德国首先在施塔斯富特(Stassfurt)建立了第一个生产氯化钾的钾肥示范工厂。氮肥研究过程比较长。早在 1754 年, 普里斯特利(J. Priestly)在加热石灰和氯化铵的混合物时发现了氨。但是, 直到 1908 年, 德国人哈伯(F. Haber)才研究出合成氨的生产方法, 建立了合成氨的实验室装置。至此, 大量元素、重要的化学肥料开始在一定的范围内应用。但是, 世界上氮、磷、钾等化学肥料的大量生产和应用是在第二次世界大战以后, 化学肥料的大量使用带来了世界粮食每隔 10 年产量翻一翻的新局面。

植物微量元素营养的研究和施用, 比氮磷钾肥要晚。微量元素被发现的时间如下:

1844 年, E. 格里斯(E. Gris)首先确定铁(iron fertilizer)是植物的必需营养元素;

1922 年, J. S. 麦哈格(J. S. MeHargue)首先发现锰(manganese fertilizer)是植物的必需营养元素;

1923 年, K. 瓦林顿(K. Warington)首先证明硼(boric fertilizer)是植物的必需营养元素;

1926 年, A. L. 索莫尔(A. L. Sommer)和 C. B. 里普曼(C. B. Lipman)等人首先报道了锌(zinc fertilizer)是植物的必需营养元素;

1931 年, A. L. 索莫尔(A. L. Sommer)和



C. B. 里普曼(C. B. Lipman)等人首先肯定了铜(copper fertilizer)是植物的必需营养元素;

1939年,D. I. 阿农(D. I. Arnon)等人发现钼(molybdenum fertilizer)是植物的必需营养元素;

1954年,美国 T. C. 布鲁耶索莫尔(T. C. Broyer)等人发现氯(chloride fertilizer)是植物的必需营养元素。

我国微量元素肥料的研究与应用起步晚于国外,开始于20世纪40年代。新中国成立以后,20世纪50年代中期,全国科学发展12年规划中,将微量元素作为研究课题之一。1962年,中国科学院召开了微量元素工作会议,总结和交流国内外微量元素研究概况,制定了今后研究工作计划。1972年,中国科学院召开了第二次微量元素学术交流会,肯定了微量元素在我国农业生产中的作用。到20世纪80年代,我国微量元素的研究和微量元素肥料的施用进入了一个崭新的阶段。为了解决我国一个地区(特别是黄淮海平原)土壤缺乏多种微量元素问题,蔡德龙博士1984年发明了“多元微肥”,1985年出版了多元微肥施用技术有关著作。“多元微肥”研究成果获得了1989年北京首届国际博览会金奖,河南省科技进步奖,被国家科学技术委员会列为“八五”全国重点科技推广项目。

硅的研究是比较早的。但作为政府在肥料法正式规定硅肥作为一种新型肥料,最早是日本。我国硅肥的研究始见于20世纪70年代后期,20世纪90年代以后实现了较大规模的产业化。从以上化学肥料发展的历史回顾,可以得出几点启示:

(1)化学肥料的发展与其他学科的发展是密切相关的。

(2)新化学肥料的发展、推广与施用要有一个认识、再认识过程;从实践到理论,反过

来理论又指导生产实践。

(3)我国化学肥料氮肥、磷肥、钾肥、微量元素肥料、硅肥施用时间上与发达的美、日、英、德等国家不同,发达国家化学肥料施用是从磷肥开始到钾肥、氮肥、微量元素肥料、硅肥,而我国是从氮肥、磷肥到钾肥、微量元素肥料、硅肥的顺序。

3 国外硅肥研究与应用进展

硅肥是一种以含硅酸钙为主的玻璃体、矿物肥料。硅肥中,通常还含有钙和镁,故亦称硅钙肥或硅钙镁肥。

土壤中硅的总含量与地壳相近,但因土壤母质、气候、土壤类型的明显差异,土壤中硅的含量很多,但硅的溶解度极低。大量施用氮、磷、钾肥料后,要使农作物健康生长,单单依靠自然循环供给硅素养分是不够的,势必形成硅素养分成为限制因子。因此,世界各国农业专家和化肥专家开始重视硅肥的研究、生产和应用。

李比希最早提出把硅列为与氮、磷、钾一样是重要的植物必需养分。后来,因为硅与氮、磷、钾、铁、锌不同,很难应用同位素来进行示踪。同时,人为难以得到无硅素的纯水,况且空气中的灰分等也含有一定量的硅。由于上述种种原因的限制,人为不添加硅元素,植物也同样能开化结果。那么人们对硅肥是不是植物必需的养分元素产生了怀疑。但是,科学家们对硅元素的研究一直没有停止过。例如,有近170年的历史,世界上最早的英国洛桑肥料试验站,科学家连续100多年试验证明,硅肥具有活化土壤中磷的作用,1926年美国加州大学等农业研究人员率先提出喜硅作物,硅是水稻良好生长所必需的元素。1930年日本专家也进行了水稻硅营养研究。但是长期以来,在学术界围绕着硅素对植物生理作用的研究和探讨中,对某些学术问题的观点存在着分歧,纠缠在硅肥是



否是植物生长的必需元素上。从而造成一段时期内,硅肥的开发与应用处于停顿的状态,直到 20 世纪 50 年代日本开创了硅肥应用的新河。

第二次世界大战以后,日本粮食十分困难,科学家采用各种技术提高水稻单产。1951 年是日本山梨大学大田道雄和小林均教授在山梨县甲府市富士见村进行低产水稻田改良研究时,发现了稻草中二氧化硅含量在 4% 以下,认为缺硅与稻瘟病、“秋落”及烂根有密切关系。他们利用炼铁水淬渣作肥料改良“秋落”和老朽化水稻土,获得水稻显著的增产效果。小林均教授等在日本土壤肥料学会 1953 年 4 月年会上发表了《硅肥与水稻“秋落”、稻瘟病关系》论文后,引起了全国土壤肥料科学工作者的关注。小林均教授经过几年的深入研究和实际调查,在世界上第一个利用工业废渣开发出了新型肥料——硅肥。

1954 年第一家硅肥工厂在日本高岗由日本重化学工业公司明石和夫先生建成投产,可以说日本重化学公司是世界上第一个将硅肥大规模产业化的公司。

1955 年 8 月 1 日,日本最早以肥料法的形式肯定了硅肥,并把硅肥作为一种新型肥料生产与推广施用,硅肥的施用给日本的农业带来了高效益。

1956 年日本农技研《肥料分析法》首次公布了硅肥的分析测定方法,并制订了硅肥的标准。1957 年日本成立了硅肥协会。硅肥在日本经 40 年的变迁,至今仍有几十家硅肥厂,1970 年最高年施用硅肥量在 135 万 t 左右。1972 年日本东京电和公司开发增钙粉煤灰硅肥,开辟了硅肥生产的新原料。硅素的研究方面值得提起的有以下著名学者,金泉吉郎、吉田昌一教授对土壤中硅的化合物与 pH 变化关系研究认为,用稀酸溶剂化物溶解的硅与水稻吸硅量之间有良好的相关

性,建立了土壤有效硅的诊断与硅肥施用等有关技术理论。在硅素的生理方面研究上,藤原彰夫、太平幸次先生表明了硅素可以使水稻株型挺拔,能提高水稻叶片对二氧化碳的同化能力,有利于光能利用,同时促进光合产物的分配。吉田昌一等利用电镜及红外线仪,研究了水稻组织中硅的分布与积累形态。通过水稻植株蚀刻制片分析、观察,结合对水稻组织解剖学特征和结构特点,阐述了硅存在位置,对抗逆性生理的作用。京都大学的奥田东、高桥英一进行了在不同供硅水平下,水稻生长和对吸收其他营养元素的影响系列研究。吉井甫、赤井重恭先生研究了硅素对水稻和小麦的病害的发生关系等等。

1998 年 4 月 1 日,日本在大阪大学举行的全国土壤肥料学会上,硅肥的研究论文增多,兴起了广泛研究的新高潮。其原因就是,硅肥有改良土壤、消除土壤重金属污染和提高作物品质(有机农业)等优点。在农业可持续发展方面有重要作用,重新引起了科学家的关注。

硅肥,继日本后,韩国、朝鲜、菲律宾、泰国(75%的水稻面积使用了硅肥)以及我国台湾省及东南亚国家和地区引进日本硅肥生产技术,大面积推广应用硅肥。

1999 年 9 月,在美国佛罗里达州的 Fort Lauderdale 举行了第一次世界“硅在农业上”的学术讨论会,标志着硅营养已经引起世界各国的关注。决定今后每 4 年召开一次“硅在农业上”会议。2002 年 9 月、2005 年 9 月、2008 年 9 月、2011 年 9 月、2014 年 9 月分别在日本的鹤冈、巴西、南非、中国北京及瑞典召开了六届硅肥国际会议。

4 我国硅肥的研究与应用

我国硅肥的研究始于 20 世纪 70 年代,原水电部、化工部和冶金部及中国科学院南京土壤研究所等单位先后在浙江、江西和江