

# 硅肥产业现状及发展对策

赵凤兰<sup>1</sup>, 韩琳<sup>1</sup>, 米微微<sup>2</sup>, 刘彩玲<sup>1</sup>

(1. 河南省科学院地理研究所, 河南郑州 450052; 2. 国家杂交水稻工程技术研究中心, 湖南长沙 410125)

**摘要** 硅肥的推广应用对农作物增产增收具有重要作用, 对促进农业生产发展具有十分重要的意义。分析了硅肥产业的发展现状, 指出了目前存在的主要问题, 针对硅肥在推广应用及产业发展中存在的问题, 提出了发展对策, 为更好地促进硅肥产业的健康发展做出应有的贡献。

**关键词** 硅肥; 推广应用; 产业现状; 发展对策

**中图分类号** S143.7<sup>1</sup> **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)25-0113-03

## The Status and Development Strategies of Silicon Fertilizer Industry

ZHAO Feng-lan<sup>1</sup>, HAN Lin<sup>1</sup>, MI Wei-wei<sup>2</sup> et al (1. Institute of Geography, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou, Henan 450052; 2. National Hybrid Rice Engineering Technology Research Center, Changsha, Hunan 410125)

**Abstract** The extension and application of silicon fertilizer plays an essential role in the yield and production increase of crops and is of great significance in the promotion of agricultural production development. The paper analyzed comprehensively the development status and major problems existing in the current silicon fertilizer industry. Development strategies were raised aiming at the problems existing in the extension, application and development of silicon fertilizer industry and contributed to the healthy and better development of silicon fertilizer industry.

**Key words** Silicon fertilizer; Extension and application; Industry status; Development strategy

硅作为植物生长必需营养元素的指出约有 170 年, 虽然至今仍无定论, 但硅在促进作物增产、提高抗逆性、改善品质、改良作物生长的土壤环境等方面具有很好的作用。世界上最早的洛桑肥料试验站曾做了连续 100 多年的试验, 证明硅对土壤磷的活化作用<sup>[1]</sup>。1926 年美国加州大学相关研究者提出硅是水稻生长的必需元素, 并提出了喜硅作物的概念, 随后又有日本学者也进行了一系列相关研究<sup>[2]</sup>。

20 世纪 50 年代, 日本对硅在水稻生产方面进行一系列实际调查后, 利用工业废渣生产硅肥, 开始硅肥的规模化生产与应用。继日本之后, 韩国、朝鲜、菲律宾等东南亚国家以及我国台湾地区进行了大面积的引进、试验与推广。我国大陆对硅营养研究始于 20 世纪 70 年代, 原水电部、化工部、冶金部和中国科学院南京土壤研究所先后在浙江、江西、江苏等省进行了相关研究, 为我国南方使用硅肥奠定了一定基础。

1990 年蔡德龙<sup>[1]</sup>利用工业废渣生产硅肥的技术引入国内, 先后在河南省信阳市明港、新乡市原阳县等地建立了多个硅肥生产厂。自此开始了硅肥在国内较大规模的推广应用。与此同时, 硅肥的应用也受到了学术界的高度关注, 有关研究也开始逐渐增多。蔡德龙<sup>[1]</sup>曾搜集汇编出版发行了 2 部有关硅肥的论文集, 论文总数达数百篇。这 2 部论文集是我国 20 世纪该领域的研究论文大全, 研究内容涉及硅在水稻、小麦、玉米、大豆、花生、瓜果以及多种蔬菜上的应用。还有硅肥在改良土壤、治理重金属污染、改善农作物品种、提高农作物抗病虫能力方面的作用。大量研究证实, 在特定条件下, 硅肥的推广应用对农作物增产增收具有重要作用, 对促进农业生产发展具有十分重要的意义。

然而我国硅肥产业的发展不容乐观, 前期所建的硅肥企

业现大多已停产, 甚至从市场上消失, 而现有为数不多的生产企业也不太景气。如何使我国硅肥产业健康发展, 为促进我国农业生产做出应有的贡献值得深入研究。笔者分析了硅肥产业的发展现状, 指出了目前存在的问题, 提出了相应的发展建议。

## 1 硅肥主要类型

凡能够为作物生长提供一定硅营养, 并满足环境保护相关要求, 以有效硅为主要标志量的产品, 基本上都可以将其视作硅肥, 它是以复合硅酸盐为主的复杂混合物。由于能够满足此要求的材料较多, 因此目前已经开发或正在开发的产品较多, 市场上也出现了较多的硅肥产品。

**1.1 尾矿类** 这是用从矿物中提取某种材料或单质元素后剩下的矿渣生产的硅肥。此类硅肥的特点是产品中除含有硅元素外, 还含有植物生长所必需的其他营养元素, 能够变废为宝, 受到一些相关企业的重视, 但有些重金属等有害元素含量可能超标。

由于所用原料不同, 这类硅肥的有效硅含量有一定差别, 特别是所含的一些中微量元素不同。另外由于提取工艺不同, 这些尾矿的利用方法也相差很大, 其中经高温还原反应而得到的尾矿(如炼钢水淬渣、锰渣、黄磷渣等)中的二氧化硅已得到较充分的活化, 需磨碎包装或进一步造粒即可作为硅肥应用, 而通过物理方法浮选所产生的尾矿(如钨尾矿、铜尾矿等), 虽然二氧化硅含量很高, 但均是非活性的, 需要采取一定的生产工艺将其活化, 才能成为硅肥, 其生产成本较高。

**1.2 矿石直接活化类** 这类产品目前主要有 3 种: 一是利用高品位的含钾岩石通过高温还原反应而得到的有效硅含量较高, 并含有钾、钙、镁、铁、铜、锌、硼、铜、锰等大中微量元素的硅肥。此种肥料的特点是含有 4%~10% 的有效钾, 且该有效钾多以硅酸钾的形态存在, 成枸溶性钾, 因此不易流失, 利用率高, 且一般重金属不超标。二是利用高品位的含钾岩

**作者简介** 赵凤兰(1963—), 女, 河南卫辉人, 高级工程师, 从事农业资源环境与土肥方面的研究。

**收稿日期** 2018-05-03

石(钾长石)通过水合热法而得到的硅肥,与第一种类似,但此种硅肥的养分有部分水溶态,总养分含量较第一种稍低。三是钙镁磷肥。钙镁磷肥实际上是一种很好的硅肥,只是过去人们对硅肥的认识不足,仅重视磷肥,未重视钙镁磷肥中有效硅的含量和含有有效硅的意义。钙镁磷肥和前面所述的品种,除生产所用的矿石原料不同外,其生产过程相近。

**1.3 硅叶面肥** 硅叶面肥是能够以适当浓度溶解于水溶液中,并能够通过喷洒到植物叶片表面而被植物吸收的肥料品种。由于硅主要以硅酸的形态被植物吸收,而大多硅酸和硅酸盐的溶解度非常低,能满足叶面喷施要求的硅酸盐也只有硅酸锂、硅酸钠和硅酸钾,而硅酸钾的肥效优于硅酸锂、硅酸钠。固态的硅酸钾、硅酸钠溶解较慢,因此目前所开发的硅叶面肥多是硅酸钠或硅酸钾的碱溶液,加碱有助溶作用。

## 2 硅肥产业存在的主要问题

**2.1 硅肥自身的特点** 硅肥具有独特的增产提质效果但不像氮磷钾肥不施或少施即可使农作物大幅度减产,因此不易引起使用者的特别关注。这在一定程度上限制了硅肥的快速推广。

**2.2 对硅肥的社会认知不足** 任何新产品的开发推广都需要一个过程,对硅肥而言,这个过程尤其漫长。从开始推广至今虽有几十年的历史,但仍未形成气候,其最大的问题是社会认知问题。

直到20世纪末期,受传统观念影响,仍有相当一部分科技界人士对硅肥的作用持怀疑态度,尽管有不少业内人士在硅肥的研究和应用方面做了一定的工作,但与其他大宗肥料相比,无论人力投入还是经费投入都不在一个级别,研究的深度和广度远不足,其研究开发的主力在民间团体,政府层面的项目支持偏少。因此,产品开发缺乏相应的理论支持。简单的肥效试验较多,而在增产机理方面的研究很少,更缺少土壤有效硅的动态变化规律。土壤中硅的形态有结晶态、溶液态、无定形态等,只有溶液态和无定形态才能被植物直接利用,且其化学活性较高,不稳定,易受环境影响转化为不能被植物利用的结晶态。因此应深入了解土壤有效硅的动态变化。另外,不同作物的喜硅水平不同,不同土壤的有效硅含量有差异,包括地域差异、气候差异的影响。因此,不通过大量的调研搞清楚这些问题,必然使硅肥的推广带有盲目性,将严重影响硅肥推广效果和硅肥产业的发展。

由于硅肥开发力量薄弱,影响力有限,因此对政府提出相关建议的声音偏弱,以致于政府在制定政策方面缺乏强有力的支撑,对硅肥行业的管理也缺乏行之有效的方法,甚至出现因噎废食的现象。如对于水淬渣、锰渣等为主要原料的硅土壤调理剂,因担心重金属超标及其他安全稳定性而一律不予登记。但事实上,这些原料大多数可以达标,而且属于废弃物的资源化利用,成本非常低,特别在改良某些限制性土壤方面,效果明显。

**2.3 硅肥产品价格较高** 当前条件下,生产硅肥的成本在200~700元/t,但市场零售价达1000元/t以上,甚至更高。这虽然能激发经销商的热情,但使用者得到好处不多,增加

了成本,又感到可有可无,必然影响进一步的推广。

**2.4 生产企业的短视现象** 大多企业只重视宣传,而忽视质量的提高,这使得产品的推广停留在概念的炒作上,不能得到用户的信任,致使产品难以推广。甚至有的企业为了节约成本,则利用低劣的或未经活化、有效硅含量很低甚至几乎不含有效硅的矿物原料直接充当硅肥,严重影响了硅肥的形象,还有一些企业虽有提高产品品质的意愿,却不愿意投入,使得产品面临的一些技术问题始终得不到解决。目前多数硅肥颗粒化产品存在造粒质量方面的缺陷,要么容易破碎,要么不能崩解,特别是不能崩解的硅肥颗粒无论在提供硅营养或改良土壤方面,其效果都大打折扣,这也是影响硅肥产业发展的又一重要因素。

## 3 硅肥产业发展对策

### 3.1 加强对硅肥产业的管理

**3.1.1 制定相关硅肥产品的质量标准。**首先要针对影响硅肥使用效果的一些主要技术指标加以限制,主要包括有效硅含量、颗粒肥强度及在水中崩解时间等,为了杜绝硅肥使用对环境的影响,可加强对重金属污染指标的控制。

**3.1.2 规范登记管理。**应取消对以工业废渣为主要原料生产硅肥产品一律不予登记的限制,因为许多工业废渣是非常好的硅肥原料,如果不予应用不仅可惜,而且需要增加处理成本,如果能够通过加强监管进行资源化利用,变废为宝,既可降低硅肥成本,又可减少工业废弃物对环境的破坏。

**3.1.3 加强市场监管。**在相关标准制定后,要严格按照标准进行监管,坚决杜绝假冒伪劣产品进入市场,相关管理部门应加大执法力度,防止不法人员扰乱市场,给硅肥形象造成负面影响。

**3.1.4 加强对硅肥生产企业的管理,严把产品质量关。**硅肥的主要有效成分是硅酸或硅酸盐,具有与水泥相近的水合反应特点,在有水或潮湿的条件下,发生水合反应而结块,会大大降低硅肥的应用效果。尤其是颗粒产品受潮硬化不能崩解,粉状产品在集中施用的情况下,同样会水合结块而无法发挥作用,而且粉状产品施用很不方便,严重影响产品的推广。因此应督促企业在提高造粒技术、保证造粒质量方面下功夫。

### 3.2 加强科学研究

**3.2.1 加强理论方面的研究。**深入研究硅肥的作用机理,研究不同作物对硅营养的吸收规律,在应用方面,应了解不同土壤、不同农田生态环境土壤有效硅消长规律,以便使硅肥的施用更具针对性,研究更有效的施肥技术,经济合理的使用量。

**3.2.2 改进施用技术。**主要是研制简单而又方便的粉状产品的使用器械,减少使用过程中肥料飘逸,避免对人体和环境的影响,这不仅使施肥均匀,避免结块无法发挥作用,从而提高了肥料的使用效果,而且不需造粒,降低了成本。

**3.2.3 研究硅肥的增效作用和其他肥料的配合技术。**硅酸盐属于枸溶性盐类,硅酸与钾反应所生产的硅酸钾具有枸溶缓释的优点,特别是在多雨季节农田,尤其是水田,所含的钾

营养不易流失,既可减少钾的使用量,又可以保证土壤中钾的持续供应,减少脱肥现象,为作物增产增收提供保障,因此可通过增加硅肥中枸溶性钾含量达到增效增值的目的。

硅肥的枸溶性特点使其能够作为一个相对稳定的外壳起到对颗粒肥的保护作用,这从另一个角度为缓释肥料的制作提供了一个新途径,也可为硅肥的利用开创一条新路线。但如何结合不同区域、不同作物需求开发出相应的产品,还需要科研工作者在这方面多下功夫。

**3.3 优先开发富含磷钾的矿产资源和已经活化的优质尾矿** 可用来生产硅肥的原料种类非常多<sup>[3]</sup>,这在目前硅肥市场远未能充分挖掘的情况下,应首先选用具有较高附加值的原料进行开发,生产出具有更高价值的硅肥产品,如可以利用高品位的钾长石或其他含钾岩石生产硅钙钾肥或硅钙镁钾肥,甚至可以生产出以硅酸钾为主要成分的高档次硅钾肥。另外,还可以结合钙镁磷肥的生产,利用钾长石做溶剂生产硅钙镁磷钾肥,这省去了单独生产硅肥需要高温还原反应的成本。

对于尾矿的利用,应优先选择那些不需要进一步活化而且能满足环保要求的原材料,如锰渣、黄磷渣、水淬渣等,它们不用再进行活化,仅需磨细或造粒即为硅肥产品,也可作为其他肥料的配料加以利用,开发成本非常低,可利用低成本优势开发市场。

### 3.4 市场开发,因地制宜,效益优先

**3.4.1 在南方酸性土壤上应用性。**由于硅长期在酸性土壤环境中容易失去活性,与北方碱性或中性土壤相比,酸性土壤更容易出现缺硅症状,另外,硅肥是碱性肥料,可以中和部分酸,从而起到改良土壤或改良水田的作用,因此硅肥在酸性土壤和水田使用效果更好,也更容易推广<sup>[4]</sup>。

**3.4.2 在喜硅作物上应用。**不同作物对硅营养的要求及敏感度不同,有些作物如水稻对硅营养的反应比较敏感,吸收

量也较大<sup>[5]</sup>,而另外一些作物对硅肥的要求较低,因此在喜硅作物上应用硅肥增产提质效果更加显著,也能获得更多的经济效益。

**3.4.3 在限制性土壤上应用。**硅肥对改善土壤结构有很好的作用,因而在一些限制性土壤上应用效果会更加明显。如受盐渍、盐碱危害的土壤和土壤容重较高、透气性差的土壤上施用硅肥<sup>[6]</sup>,能起到较好的改良效果,因此,在这些限制性土壤上应用硅肥也更容易被群众所接受。

**3.4.4 在重金属污染土壤上应用。**增施硅肥可以改善土壤胶体的性质,通过对重金属的吸附或离子交换,固定重金属离子,起到钝化重金属活性,从而减轻其毒害作用<sup>[7]</sup>。

**3.4.5 在经济作物上应用。**由于经济作物特别是瓜果类产品,其品质和外观对产品的价格影响很大,而硅是品质元素,对改善这些产品的品质和外观有较好的作用<sup>[8]</sup>,因此在这类作物上应用硅肥,更容易被接受。

### 参考文献

- [1] 蔡德龙. 国内外硅肥研究及应用进展[C]//全国第37次新型肥料技术年会暨第三届黑龙江肥料产业发展高层论坛论文资料汇编. 北京:中国化工学会化肥专业委员会,2015:25-27.
- [2] 许佳莹,朱练峰,禹盛苗,等. 硅肥对水稻产量及生理特性影响的研究进展[J]. 中国稻米,2012,18(6):18-22.
- [3] 唐福军,曲红杰,张之一. 硅肥生产技术综述[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2006(4):72-75.
- [4] 杨丹,刘鸣达,姜峰,等. 酸性和中性水田土壤施用硅肥的效应研究 I. 对土壤 pH、Eh 及硅动态的影响[J]. 农业环境科学学报,2012,31(4):757-763.
- [5] 慕永红,张莉萍,王安东,等. 硅肥在水稻上的应用[J]. 黑龙江农业科学,2007(4):41-43.
- [6] 宫海军,陈坤明,王锁民,等. 植物硅营养的研究进展[J]. 西北植物学报,2004,24(12):2385-2392.
- [7] 许建光,李淑仪,王荣萍. 硅肥抑制作物吸收重金属的研究进展[J]. 中国农学通报,2006,22(7):495-499.
- [8] 赵凤兰,文春波,侯怀恩. 硅钾肥在番茄上的应用效果[J]. 河南农业科学,2007,36(8):95-97.

### 名词解释

扩展引用刊数:引用被评价期刊的期刊数,反映被评价期刊被使用的范围。

扩展学科扩散指标:指在统计源期刊范围内,引用该刊的期刊数量与其所在学科全部期刊数量之比。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{引用刊数}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展学科扩散指标:指期刊所在学科内,引用该刊的期刊数占全部期刊数量的比例。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{所在学科内引用被评价期刊的数量}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展被引半衰期:指该期刊在统计当年被引用的全部次数中,较新一半是在多长一段时间内发表的。被引半衰期是测度期刊老化速度的一种指标,通常不是针对个别文献或某一组文献,而是对某一学科或专业领域的文献的总和而言的。

扩展 H 指数:指该期刊在统计当年被引的论文中,至少有 h 篇论文的被引频次不低于 h 次。

来源文献量:指来源期刊在统计当年发表的全部论文数,它们是统计期刊引用数据的来源。

文献选出率:按统计源的选取原则选出的文献数与期刊的发表文献数之比。

参考文献量:指来源期刊论文所引用的全部参考文献数,是衡量该期刊科学交流程度和吸收外部信息能力的一个指标。

平均引文数:指来源期刊每一篇论文平均引用的参考文献数。