



# 磷酸盐玻璃肥料

王承遇編

苏工业学院图书馆  
藏书章

科技卫生出版社

1013

## 內 容 提 要

玻璃肥料是一种新型的微量元素肥料。目前这种肥料，出现了硅酸盐玻璃肥料和磷酸盐玻璃肥料二大系。本书是介绍磷酸盐玻璃肥料的有关知識及制造施用的技术。据称一般硅酸盐玻璃肥料溶解度开始很大，入后由于表面生成保护膜，溶解度又逐渐减小，致形成微量元素供給过多过少的不良现象；而磷酸盐玻璃肥料能以一定的溶解度，持續数年，始終适合植物的需要，故这种磷酸盐玻璃肥料，有特別介紹必要。作者根据国内外資料，結合作上的經驗体会，分节作較詳的編写，可提供各公社干部、农化肥料方面工作人員及农业院校师生，在改进施肥技术上作参考。

## 磷 酸 鹽 玻 璃 肥 料

王 承 遇 編

\*

科技卫生出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业許可証出 083 号

上海市印刷六厂印刷 新华书店上海发行所总經售

\*

开本 787×1092 1/32 印张 15/16 字數 21,000

1958年12月第1版 1958年12月第1版第1次印刷

印數 1—9,000

統一書号: 16119·246

定 价:(九) 0.11 元

## 前 言

玻璃肥料虽然早已制造了，但加入微量元素还是二十世紀五十年代开始的。作为微量元素肥料来講，玻璃肥料有很多卓越的优点，有很大的发展前途。

苏联学者对玻璃肥料进行了一系列的研究；美国和西德对玻璃肥料研究虽久，但在市場上的銷售量，还是不多的。我国自大跃进以来各地紛紛試制，而且有些工厂已在进行生产，这說明我国的进步正是一天等于三十年。在党的英明领导下，玻璃肥料的研究和生产，一定很快会超过资本主义国家的。

六月中旬，我院同学沈莉、石九华、陈倫庆、成华英、郑华琴、翁如琴、謝国棟等和著者一齐研究磷酸盐玻璃肥料，同学们干劲很大，日以繼夜苦干，到七月份研究工作已告一段落。

承各工厂、农村、学校对我们关心，紛紛来人来函詢問玻璃肥料制造情况，承我院科学研究科的帮助乃写成此书，以供参考。

由于个人水平限制，謬誤之处在所难免，尚希批評教正是幸！

編 者 1958年10月于华东化工学院

# 目 录

## 前言

一、玻璃肥料的历史及其特点	1
二、玻璃肥料中微量元素对植物的作用	2
三、玻璃肥料的配料和制法	4
四、工艺流程和设备	14
五、玻璃肥料的水溶性	17
六、微量元素的分析	21
七、玻璃肥料的肥效试验法	22
八、玻璃肥料的施用	25
九、結束語	27

## 一、玻璃肥料的历史及其特点

玻璃肥料很久就已制造和应用了。远在1940年美国欧文思-康宁公司即已制成了玻璃肥料。1943年华尔脱海尔制成了磷、钙、镁、硅系统的肥料，实际上也就是玻璃肥料的前身。1945年贝德够尔又制成钾、钙、磷、硅系统的玻璃肥料。

前期的玻璃肥料基本上是一种烧结矿石的混合肥料，其主要目的在供给植物的磷、钾、镁肥，其施用也是大量的。

1946年美国费尔洛公司将微量元素溶于玻璃中，使玻璃肥料成为微量元素肥料，玻璃肥料开始具备了新的价值。美国对这种含微量元素的玻璃肥料化了5年时间在试验室内及42个州不同土壤上进行了试验，证实是有效的。

1953年、1954年美国又分别制造了不同种类的玻璃肥料。1955年苏联也制造了二元和三元系统的玻璃肥料。

到目前为止，玻璃肥料已成为一种新型的微量元素肥料，有着广阔的发展前途。玻璃肥料究竟有什么特点呢？其特点有四：

(1) 玻璃肥料是难溶于水的。施于土壤以后，不易被雨水冲走，可以维持肥效几年之久。

(2) 玻璃肥料能逐渐风化溶解很慢，使植物可以慢慢吸收，不容易产生过量的微量元素而致植物中毒。

(3) 玻璃肥料用量少，肥效大。根据美国资料每公斤玻璃肥料可以施在两亩土地上。施肥的效果，根据苏联资料可使农作物平均增产20~30%，最高可达59%。

(4) 玻璃肥料保管运输方便, 不会結块, 也不怕受潮。

玻璃肥料可以磨成粉末和其他肥料混和施于土地上, 也可以拉成玻璃纖維, 密盖于土地上。由于可以磨成很細的粉末和拉成很細的玻璃纖維, 故可以很均匀的散布, 同时散布面积也可以很大。

## 二、玻璃肥料中微量元素对植物的作用

玻璃肥料近年来既然作为一种微量元素肥料施用, 那末在研究玻璃肥料对植物的作用以前, 首先应研究微量元素对植物的作用。

根据苏联 O. K. 道勃罗留斯基等的研究有机体的生命不仅依靠到处存在的大量元素, 而且也依靠只占組成万分之几、十万分之几、甚至于更少的微量元素。現在已經用准确的方法在有机体中发现了 60 多种微量元素, 也已經証明了鋅、錳、硼、銅、鎳等微量元素是植物生活所必需的, 而鈷、砷、鈣、鎘、碘对个别植物才是必需的。

微量元素对植物的生活机能起着重要作用, 植物缺少以后, 即不能正常生长。例如植物缺錳以后会发生叶斑病; 缺硼会落叶、不开花或不結实。禾谷类植物缺銅时, 会发生叶和穗的变白; 小麦缺鋅时会枯萎等。所以为了提高农作物产量或质量都必须对植物施用微量元素肥料。

我們都知道: 任何肥料要使植物吸收, 首先必須能溶于水, 但土壤中能溶于水而被植物吸收的微量元素化合物是很少的。

如果施用天然肥料如人粪、牲畜粪、腐朽植物等, 可以将微量元素引入土壤; 但在应用化学肥料时一般很少混有微量元

案。

苏联对微量元素肥料很为重视，1954年4月苏联最高苏维埃常会特别提到微量元素问题。现在苏联已广泛应用并取得了显著成绩。

微量元素肥料可以分为混合的(即含有多种微量元素的)单体的(即含有一种微量元素的)两种。玻璃肥料同样地也可以分混合的和单体的两种。

下面我们分别讨论一下各种单体的玻璃肥料对植物的作用。

(一)锰肥 锰肥起良好反应的农作物，有小麦、玉米、大麦、燕麦、甜菜、大麻、烟草、马铃薯、番茄、茄子、果树和浆果植物等。根据苏联施用含二氧化锰 21.0% 的玻璃肥料的结果，可使亚麻增产 21%。

(二)硼肥 硼肥可以提高苜蓿、甜菜、冬油菜、亚麻、棉花、向日葵、芥菜、马铃薯、蔬菜和果树等植物的产量。如苏联施用含硼微量元素肥料可使甜菜增产 49%。

(三)锌肥 锌肥对禾谷作物、工艺作物、蔬菜、饲用牧草、果树(特别是柑桔树和油桐树)的生长及单位面积增产有积极意义。如苏联施用含氧化锌 19% 的玻璃肥料可使亚麻增产 59%。

(四)铜肥 铜肥可使大麦、小麦、燕麦、马铃薯、蔬菜和亚麻等增产。如苏联施用含氧化铜 19.0% 的玻璃肥料，可使春小麦增产 22%。

(五)钼肥 钼肥可使豌豆、菜豆、番茄、苜蓿、茄子等增产。苏联施用含氧化钼( $\text{MoO}_3$ ) 4.50% 的玻璃肥料可使亚麻增产 6%。

以上都是盆栽试验的资料，但从这些数字看来，玻璃肥料对



植物的作用是很大的。但必須指出：施用玻璃肥料在施用其他不同的肥料的情况下，效果是不同的。例如同样的硼肥，在施用矿质肥料的情况下，使番茄产量提高 32%；在加施石灰的情况下，可使番茄增产 81%。

玻璃肥料比别种微量元素肥料优点很显著。别种微量元素肥料大都是以矿质或可溶性化合物形态施用的。可溶性化合物为氧化物及硫酸盐等。这些化合物，如以水溶液施用，容易流失，不如玻璃肥料有效期长；如以粉末状施用，由于粉末容易结块，可能造成局部微量元素过多，反使植物受害。矿质肥料如锰矿渣、硅硼石矿、氯化锌矿渣、黄铁矿渣(含氧化铜)等，这些肥料比可溶性化合物要好，然而肥料的有效期也不会如玻璃肥料久长的。

### 三、玻璃肥料的配料和制法

前面已谈到，玻璃肥料是以水溶液被植物吸收的。玻璃肥料应以一定的溶解度溶解于水，不能太大，也不能太小。溶解度太大则微量元素过多，反而产生抑制作用，甚至使植物死亡。溶解度太小则作用不显著。同时，玻璃肥料的溶解度前后期不应相差太大，假使开始溶解度很大，以后逐渐减少甚至达到平衡状态，这样玻璃肥料就不起作用了。

在配方和熔制过程中，必须考虑到玻璃肥料的水溶性——包括在水中的溶解度，溶解速度等。不同的成分，水溶性是不同的；不同的制造方法，也会造成水溶性的差别。不考虑水溶性问题，就会造成不良后果。例如苏联试验的含氧化硼 23.44% 的硫酸盐玻璃肥料，即因溶解度过大，过量的硼对亚麻造成了抑制

作用, 施肥結果, 亞麻并未增产。

目前的玻璃肥料成分中出現了两大系統: 即硅酸盐玻璃肥料与磷酸盐玻璃肥料。在制造玻璃肥料时如何来选择最合适的成分, 这是大家所关心的問題。

玻璃肥料的成分可分为两个部分, 一部分是作为負載体的基础玻璃成分, 另一部分是作为肥料的微量元素成分。玻璃成分保証形成玻璃, 而微量元素則加入于玻璃成分中。

著者不准备冗长地摘录文献上的各种成分, 只列出几个有代表性的玻璃成分如表 1, 以供参考。

表 1 玻璃肥料中的玻璃成分

氧化物	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
SiO <sub>2</sub>	73.0	47.35	57.67	59.13	59.13	59.67	69.72	37.5	36.4
Na <sub>2</sub> O	23.0	14.90	18.17	18.63	18.63	18.17	21.96	8.9	—
CaO	4.0	2.59	3.16	3.24	3.24	3.16	3.82	7.9	21.5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	35.20	—	—	—	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	8.3
MnO <sub>2</sub>	—	—	21.0	—	—	—	—	3.9	4.8
CuO	—	—	—	19.0	—	—	—	—	—
ZnO	—	—	—	—	19.0	—	—	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	21.0	—	4.8	0.8
MoO <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	4.50	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	—	—	—	—	20.2	14.8
MgO	—	—	—	—	—	—	—	7.9	10.5
K <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—	—	—	8.9	—
F'	—	—	—	—	—	—	—	—	0.7

表 1 中 № 1~7 是硅酸盐玻璃成分, № 8, 9 是磷酸盐玻璃成分。

磷酸盐玻璃的水溶性较好，特别是可以不断的继续溶解，而硅酸盐玻璃开始溶解度较大，以后由于生成表面膜的原因，溶解度反而减小，这个问题在水溶性部分将详细讨论。

从表 1 中可以看出：硅酸盐玻璃中主要成分是二氧化硅、氧化钠和氧化钙；而二氧化硅和氧化钠含量特多。植物生长过程中固然需要硅，但仅是少量的；大量的氧化钠更会增加土壤碱性。长期使用此种肥料，当使土壤产生不良影响。

### 磷酸盐玻璃肥料的熔融制法

磷酸盐玻璃肥料可以采用含磷的磷灰石和转炉矿渣等为主要原料，兹分别叙述如下：

(一)以磷灰石为主要原料的制法 首先谈谈以磷灰石为原料的玻璃肥料的成分。这种玻璃主要包含二氧化硅、氧化钾和磷酸三钙（磷灰石）三种成分，这三种成分要以一定范围的百分率配合，才能形成玻璃。

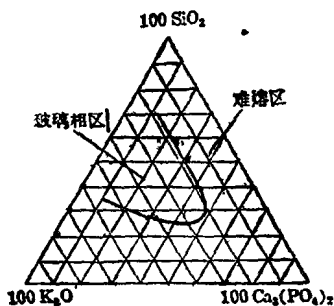


图 1  $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  配合图

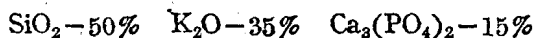
图 1 表示了这三种成分形成玻璃的配合范围。

此图系根据  $1350^\circ\text{C}$  下试验结果制成的，玻璃形成区域以粗黑线表示，其成分配合图约略如下：

$\text{SiO}_2$	25~70%
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	45~80%
$\text{K}_2\text{O}$	20~65%

玻璃成分必须在这范围以内配合，假如氧化钾小于 20%，玻璃是很难熔融的；二氧化硅小于 25%，玻璃的稳定性太小。

依照这范围制成的玻璃,水溶性良好。試取 0.25 克这种磷酸盐玻璃置于 50 毫升水中, 5 小时后, 水溶液中含磷酸鈣 20~70 p.p.m. (p.p.m. 是百万分之几), 含鉀 1100~1900 p.p.m.。具体数字, 当随着成分而有不同。磷酸鈣溶解度最大的 (达到 300 p.p.m) 的玻璃成分是:



关于水溶性将在另一节作較詳的討論。

$\text{K}_2\text{O}$  如由碳酸鉀列入的話, 成本太貴, 可用氯化鉀或草木灰 (稻秆、麦秆等燃燒的灰燼) 来代替, 我們制造玻璃肥料的目的是为了引入微量元素, 引入磷、鉀肥仅是附带的, 同时玻璃肥料只要有一定的水溶性, 不必过多的考虑磷和鉀的問題。

玻璃成分决定后, 加入微量元素氧化物即成为玻璃肥料。

关于微量元素氧化物如何引入, 以后将詳細談到。

其次再談談美国以磷酸盐为基础的其他玻璃肥料成分。美国制造的粉末状磷酸盐玻璃成分如下:

$\text{SiO}_2$	38.8%	$\text{P}_2\text{O}_5$	20.9%	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.5%
$\text{MnO}_2$	4%	$\text{CaO}$	8.2%	$\text{MgO}$	8.2%
$\text{K}_2\text{O}$	9.2%	$\text{Na}_2\text{O}$	9.2%		

其中微量元素根据土壤需要和植物种类, 分为下列几种不同的成分:

表 2 粉狀磷酸鹽玻璃肥料中微量元素的成分

	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
鉄	3.5	—	7.0	—	12.25
錳	1.26	15.12	2.52	16.63	4.9
銅	1.6	—	3.2	—	2.0
鋅	1.6	—	3.2	—	4.0
硼	0.63	4.8	0.63	4.0	2.0
鋁	0.07	—	0.13	—	0.13

关于玻璃成分引入的原料，系采用綠色瓶罐玻璃的碎屑、搪瓷的熔块以及磷酸盐。我国苏州玻璃厂，原料用石英砂、双飞粉、苦灰石粉、純碱等所含成分很与此接近。

我們在研究初期，也采用过这种玻璃成分，但覺得原料成本較貴，且五氧化二磷含量較高，而氧化鈣含量又較低。如果采用磷灰石引入全部的五氧化二磷，則氧化鈣的含量又太高；如果采用磷酸酐( $P_2O_5$ )引入的話，則为易燃品，且价錢貴。于是乃采用多种磷酸盐以引入五氧化二磷。所引用的磷酸盐为磷酸三鈣 $[Ca_3(PO_4)_2]$ 、磷酸鈉( $Na_3PO_4$ )、磷酸氫鈉( $Na_2HPO_4$ )、磷酸二氫鈉( $NaH_2PO_4$ )。氧化鎂以碳酸鎂引入，氧化鉀以碳酸鉀引入。微量元素以氧化物引入，只有鉬以鉬酸銨 $[(NH_4)_2MoO_4]$ 引入。

微量元素的成分，我們根据复旦大学生物系某教授的意見，引用了上面№5的配方，苏州玻璃厂也采用这一配方的成分。

配料混和均匀后，在坩堝釜內加热熔融，炉温維持 $1300^{\circ}C$ 左右，从加热到熔制完毕需要4~5小时。

在西德文献上曾指出应在熔融状态下保持3个半小时，我們感到沒有这个必要，只要看到熔好后即可出料，不必等待玻璃澄清。

熔融温度不宜过高，假如达到 $1400\sim 1450^{\circ}C$ ，因磷、铁等侵蚀坩堝能力很强，坩堝壁常常会腐蚀成洞，使玻璃漏掉。

根据我院及有关工厂研究結果，認為 $1300\sim 1350^{\circ}C$ 为最适宜的熔化温度，全部熔化过程2~4小时。

坩堝应采用耐火材料制成，不宜采用石墨坩堝，石墨坩堝虽不容易被侵蚀，但会使玻璃中微量元素氧化物还原为金属，植物无法吸收。

玻璃熔化后，应迅速傾倒于冷水中，使其急冷而碎裂成小块，一方面可以减少粉碎时的劳力或功率消耗，另一方面可以免使制成的有效磷仍变为无效磷。大家都知道，植物能够吸收的磷是有效磷，此时磷应为无定形结构。在高温下磷是无定形结构，植物可以吸收的；迅速急冷，能使磷保持高温状态结构，假如使玻璃缓慢冷却，则其中有效磷仍会转变为无效磷。

但是采用此种配方，因原料多为工业产品，故成本较贵。根据某玻璃厂估算，每公斤要 1.6 元左右。

(二)以轉炉矿渣为主要原料的制法 为了降低成本，我們便采用了与磷酸盐玻璃肥料成分相接近的炼鋼轉炉矿渣。目前所应用的，是上鋼某厂的轉炉矿渣，它的成分如下：

$P_2O_5$	10~12%	$SiO_2$	7%	$CaO$	40%
$MnO_2$	2~3%	$MgO$	2%	$Fe_2O_3$	10%
$CaF_2$ (少量)					

氟化鈣的存在可能会使有效磷含量降低，但由于我們主要是应用微量元素肥料，有效磷即使略低一些，影响也不会大。

这种玻璃成分的原料，除采用轉炉矿渣外，再須加入少量的碳酸鉀和碳酸鈉(純碱)。关于微量元素所应用的原料：銅由氧化銅引入，硼由硼砂引入，鋅由氧化鋅(鋅氧粉)引入，錳由二氧化錳(錳粉)引入，鉬也由鉬酸鉍引入。微量元素用表 2 中 №5 成分。

为了更进一步降低成本，鉀可采用草木灰，硼可采用硼矿石，鋅可采用鋅矿渣，銅可采用胆矾泥(含硫酸銅的矿渣)或黃鉄矿(其中含有銅)，鉬可采用鉬矿渣。

不同的原料所引入的微量元素，其效果是否相同呢？根据苏联施用微量元素肥料的实际經驗，发现硼矿石效果并不差于硼砂，由于硼矿石內含有錳，硼肥的效果反而增強。

采用矿渣和工业原料，其成本是相差很大的。1公斤轉炉矿渣为4分8厘，而1公斤碎玻璃要1角以上。事实完全证明了磷酸盐玻璃肥料只要采用廢料的話，其成本反比硅酸盐玻璃肥料便宜。至于微量元素中工业原料与矿渣成本更相差悬殊，1公斤鉬酸鉍价值几十元，而1公斤鉬矿渣便宜得很。所以1公斤矿渣制成的玻璃肥料成本几角左右，而采用工业原料制成的玻璃肥料成本达1.6元左右。

在玻璃熔制理論上可以看出，引入不同的微量元素原料对它的肥效影响是不大的。因为玻璃熔融时，微量元素盐类都已分解了，在玻璃结构中，大都以离子状态充填于网状结构中。

对于錳来講，离子价数具有較大的意义的，錳有 $Mn^{2+}$ 、 $Mn^{3+}$ 和 $Mn^{4+}$ 等数种价数。 $Mn^{3+}$ 和 $Mn^{4+}$ 可溶性小，植物不容易吸收，而 $Mn^{2+}$ 可溶性大，植物就容易吸收。玻璃肥料中，最好錳能呈 $Mn^{2+}$ 状态，也就是用一氧化錳加入最好，或用金属錳粉加入也好。在錳矿渣中常常含有二价的錳离子，故采用錳矿渣引入錳，价錢既便宜，效果也好。

依照这一方法的配料，混和均匀后，也放在坩埚中加热，升到 $1300^{\circ}C$ 开始保温，并随时观察其熔化情况，注意勿使金属还原，如果有些微量元素还原成金属，植物无法吸收，玻璃肥料即成为廢品了。熔制气氛一定要保持氧化气氛。

熔制情况如表3所示。

轉炉矿渣基本上对坩埚侵蚀很少，但采取用作磷肥的矿渣为原料，则对坩埚的侵蚀性就大得多了。

熔制好后，仍将玻璃到入水中，使其急冷而碎裂，然后再磨成一定大小的顆粒。

表 3 以轉爐矿渣为主要原料的熔制情况

	1300°下熔制時間	熔 制 情 况
混合肥 1	1 小时	有光澤粘度較小的玻璃体
混合肥 2	1½ 小时	同 上
錳 肥	1 小时	玻璃体燒結体各半左右
鋅 肥	1 小时	大都是玻璃体, 燒結体很少
硼 肥	½ 小时	差不多都是玻璃体
銅 肥	¾ 小时	有光澤的玻璃体

### 磷盐酸玻璃肥料的燒結制法

制造玻璃肥料除了熔制法外, 也可以用燒結方法。我們曾將混合肥料 1 的成分, 进行燒結, 在 1050~1100°C 下需要两小时的时间, 所需燃料是跟熔制法相差不大的。

为了研究以微量元素含于普通平板玻璃(窗玻璃)碎屑为基础的玻璃肥料的性能, 也进行了燒結試驗。結果在 800~900°C 左右約半小时, 即可燒結。如以无硼、鈉、鈣灯工玻璃碎屑为基础的玻璃成分, 在 900~1000°C 左右約 20 分鐘即可燒結, 更觉容易。此两种玻璃肥料的微量元素成分都和前面混合肥料 1 是相同的(混合肥料 1 的成分見表 4)。

### 熔融和燒結两种制法的优缺点

在此处我們来比較一下燒結和熔融两种制造方法的优缺点:

(1) 熔融方法可以利用磷矿渣、微量元素矿渣及草木灰等廢料, 成本低, 供应多; 燒結方法由于溫度低, 利用矿渣就很困难。



(2) 以熔融方法制造出来的玻璃体, 溶解时是逐渐溶解的。而燒結法制造出的, 不論是硅酸盐或磷酸盐, 其溶解度开始很大, 以后更减少。开始溶解度过大, 可能会产生抑制作用(如苏联含硼 23.44% 玻璃肥料即是如此)。

(3) 熔融方法制造出的玻璃肥料具有一定的机械强度, 不易过度細碎, 也不会过于坚硬。且在水中急冷后, 即碎成小块, 稍加粉碎, 即可达到所需顆粒度。燒結法制造出的硅酸盐玻璃肥料是很疏松的, 容易粉碎, 但也易过度粉碎; 燒結法制的磷酸盐玻璃肥料有时会生成特别坚硬的矿石, 很难破碎。

(4) 一般燒結体由于溫度低, 燃料消耗少; 而熔融法溫度高, 燃料消耗較多。但对磷酸盐玻璃肥料来講, 原料在成本中所占比重較大, 其次才是燃料。矿渣和工业原料成本可以相差十几倍, 而熔融和燒結燃料相差不會这样多。采用廉价原料, 虽燃料消耗較多但总的看来还是便宜的。

(5) 从設備上講, 熔融法也可以采用简单的土法坩堝(詳見工艺过程及設備部分), 可以利用玻璃工厂原有坩堝, 也可以用連續式池窑。虽則燒結法用間隙式窑、回轉窑或隧道窑, 但不能認為熔融法一定比燒結法設備复杂。

从以上各点可以看出熔融法对于利用矿渣及其他廢料比較适合。然以硅酸盐系統玻璃肥料来講, 燒結法还是最适用的。

## 玻璃混合肥料与玻璃单体肥料

玻璃肥料, 可以制成混合肥料, 也可制成单体肥料; 在实际施用, 不仅需要混合肥料, 也需要单体肥料。同时根据苏联試驗的結果, 混合肥料的肥效并不明显。所以除了制造混合肥料外, 还得制造单体肥料。