

谢天镛 李玉纯 编
冯元琦 审订

N

P

液 体 肥 料

FE

TI

FEI

LIAO

K

化学工业出版社

液 体 肥 料

谢 天 龔 编
李 玉 纯
冯元琦 审订

化 学 工 业 出 版 社

(京)新登字039号

液 体 肥 料

谢天镛 李玉纯 编

冯元琦 审订

责任编辑: 陈大英

封面设计: 季玉芳

*

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

东升装订厂装订

新华书店北京发行所经销

*

开本 $787 \times 1092\frac{1}{32}$ 印张 $12\frac{1}{8}$ 字数277千字

1992年7月第1版 1992年7月北京第1次印刷

印数1—2,000

ISBN 7-5025-1011-7/TQ·588

定 价8.85元

内 容 提 要

本书从肥料为农业生产发展的需要，介绍了国内外液体肥料的发展、生产和施用。全书共分六章。分别叙述了液体肥料工业的发展；主要、次要和微量营养元素以及悬浮剂的品种和性能；根据作物需要和土壤性质，确定液体肥料中的养分种类和施用数量；清液肥料和悬浮液肥料的原料选用、生产工艺和设备；液体肥料的原料、成品的贮运设备、材料以及贮运装卸中的安全防护；液体肥料的品种选择、施肥方法和机具。书后附录列出了与液体肥料有关的图和表，供读者使用。

本书由谢天德、李玉纯编写，冯元琦审订。

本书可供在工业、农业、商业部门从事化肥工作的科技人员、管理人员和广大农民阅读。也可供有关大专院校师生参考。

443032

序

我写这本书的目的是向读者推介各种农作物所需的多元的液体肥料(Multi-nutrients Fluid Fertilizers)并对它的生产和施用的一些基本知识,予以浅述。

农作物需要的营养元素,除大量的主要营养元素氮、磷、钾三种之外,还需要少量的次要营养元素钙、镁、硫和铜、锌、铁、锰、钼、钴及硼等微量营养元素。这三大类营养元素按作物所需是土壤不能或不足提供的元素,可配成均匀的多元液体肥料,进行科学施肥。实践证明,既能促进作物增产,又能改进质量,从而提高化肥的利用率,达到农业增产增收。

美国大规模施用液体肥料迄今已有30余年的历史。经过实际生产和施用,液体肥料比固体混肥优越之处在于成分一致,施用简便,肥效显著,特别在作业时可与农药一起施用,提高功效,节工省时。

我国随着配方施肥的发展,现正开始采用液体肥料,现在上海、新疆、北京、河北、山东等地,进行了一定规模的生产和施用并获得了可喜的效果。本书将在有关章节中予以介绍。

本书共分六章。除了介绍液体肥料的优点外,主要叙述液体肥料的机理、生产和施用有关的基础知识,是一本液体肥料的入门书。

本书取材,主要来自美国国家液体肥料协会所著《液体肥料手册》(1987年补充修改版)。在取材过程中,承禹庚及谢旋安两位同志对本书第一章及第五章做了取材的详细译述工作。并

得到新疆生产建设兵团、新疆石河子农业局、中国科学院原子能研究所以及浙江嘉兴、山东、宁阳、北京通县等化肥厂提供的资料。尚须特别提出的是，本书的出版，得到了化学工业部原副部长冯伯华同志的大力支持，化肥技术开发中心的部分经费资助。在此，深表谢意。

本书初稿完成后，又由化学工业出版社邀请化学工业部化肥司原总工程师、教授级高级工程师冯元琦同志进行全面审订，并补充了第一章第三节中国液体肥料的开发和使用等部分内容，提高了书稿的质量。

作者出于提供发展液体肥料的微忱，不揣冒昧，写出本书，终因水平所限，书中必然存在缺点或不足之处，敬希各位专家、学者及广大读者不吝指正。是为序。

谢天铨

1990年5月于乌鲁木齐

目 录

序

第一章 概述	1
第一节 液体肥料	1
第二节 液体肥料工业的发展	5
一、氨溶液与聚磷酸铵的开发	5
二、合成氨的开发	7
三、磷酸与液体肥料	10
四、复混液体肥料	10
五、近期液体肥料的发展	10
第三节 中国液体肥料的开发和使用	14
一、液氨直接施肥	14
二、氨水肥料	43
三、叶面肥料	49
四、稀土液肥	61
五、我国液体微肥的飞机喷施	83
第四节 液体肥料的优点	86
一、混合的精确性	86
二、质量的一致性	86
三、按照配方生产	88
四、配加农药	88
五、硝化抑制剂在液体氮肥中的可混性	89
六、液体石灰的可混性	91
七、经济比较	92
八、分配	93
九、施肥	95

第二章 液体肥料的原料化肥	97
第一节 主要营养元素	97
一、氮 (N)	97
二、磷 (P)	102
三、钾 (K)	105
第二节 次要营养元素	106
一、钙 (Ca)	106
二、镁 (Mg)	107
三、硫 (S)	108
第三节 微量营养元素	109
一、硼 (B)	110
二、铜 (Cu)	110
三、铁 (Fe)	111
四、锰 (Mn)	112
五、钼 (Mo)	113
六、锌 (Zn)	113
第四节 悬浮剂	114
一、硅镁土	114
二、海泡石	114
三、钠基膨润土	114
四、多糖类 (树胶)	114
第三章 液体肥料的配制原理	116
第一节 营养元素吸收和土壤性质的关系	116
一、pH值	116
二、阳离子交换能力	123
三、盐基饱和度	125
四、孔隙度	126
五、有机质	127
六、水的供应有效性	129

七、可溶性盐类	129
八、营养元素	130
第二节 营养元素需求量	138
一、土壤溶液	141
二、营养元素进入农作物的过程	142
三、植物在不同生长阶段对营养元素的需求	143
四、分期施肥	144
第三节 怎样确定液肥中营养元素的种类和数量	148
一、目标收获量	148
二、按作物的收获量计算营养元素的需求量	148
三、土壤营养元素的损失和获得	148
四、土壤分析	150
五、建议用肥	162
六、植株分析	181
七、以监控为目标的土壤和植株分析	184
八、化石灰和用肥量建议的实例	186
第四章 液体肥料的生产	196
第一节 概述	196
第二节 清液肥料	197
一、原料和基础液肥	198
二、氮磷钾清液肥料的配制	214
三、其它清液肥料	221
四、清液肥料的配料计算	224
第三节 悬浮液肥料	228
一、制备悬浮液肥料的由来	228
二、悬浮液肥料的原料	229
三、悬浮剂	230
四、悬浮液肥料的原料选择、贮运和配制	232
五、悬浮液肥料的生产过程	249

第四节 两种液肥的混配工艺	257
一、清液肥料所含营养元素的混配	258
二、可混性试验	259
三、悬浮液肥料混配微量营养元素	264
四、干燥固态物料添加时的注意事项	265
五、冷混法配制清液肥料的步骤	266
六、热混法配制清液肥料的步骤	267
七、两种液肥中混配农药和除草剂	267
第五节 生产液肥的设备	275
一、混合槽	275
二、反应器	277
三、原料贮仓和贮槽	280
第五章 液体肥料的贮存和运输装卸	282
第一节 液体肥料的贮存、运输和装卸设备	282
一、液体肥料的运输设备	282
二、装卸悬浮液肥料的设备	284
三、贮运清液肥料的设备	285
第二节 通用液体氮肥的贮运和装卸	285
一、液氨	286
二、氨水	307
三、液氨、氨水在贮运中的安全技术	311
第三节 贮运酸类原料和固体原料的设备	314
一、装卸酸类原料的设备	314
二、酸类原料的运输和贮存设备	315
三、贮运固体原料的设备	316
第四节 制造液肥设备的材料	318
一、容器	318
二、管道、阀门与零件	318
三、泵类	319

四、混合设备	319
五、管式反应器	319
六、密封垫片与软管	320
第五节 液体肥料在运输、贮存和装卸中的安全防护	320
一、液体肥料在运输中的安全防护	320
二、悬浮液肥料在运输中的安全防护	322
三、液体肥料在装卸和管理中的安全防护	322
四、悬浮液肥料在装卸和施用中的安全防护	323
五、液体肥料在贮存中的安全防护	325
六、悬浮液肥料在贮存中的安全防护措施	326
第六章 液体肥料的施用	328
第一节 概述	328
第二节 土壤对施肥的影响	328
一、土壤的pH值	328
二、土壤的有机物质	329
三、粘土含量和阳离子交换能力	332
四、土壤的湿度	333
五、土壤的温度	334
第三节 施肥方法	335
一、引言	335
二、施肥的种类	336
第四节 液体肥料品种的选择	351
一、新疆地区液肥喷施试验	351
二、上海地区液肥喷施试验	357
第五节 施肥机具	359
一、地面施肥机械(喷洒施肥机械)	359
二、深施液肥机械	363
三、喷施器的辅助设备和零部件	367
四、液体肥料喷洒器的校准	371

五、结论	374
参考文献	375

第一章 概 述

第一节 液 体 肥 料

世界肥料工业的近代发展特征是：集中生产基础肥料和中间产品，分散复混和销售；化肥品种趋向复混型和专用型肥料、多功能型肥料；由于能源紧张和机械化施肥的高度发展，液体肥料拥有迅速增长的优势。

液体肥料(Fluid Fertilizer)又称流体肥料，俗称液肥，是以含有一种或一种以上的作物所需营养元素的液体产品。这些营养元素作为溶质溶解于水中成为溶液或借助悬浮剂的作用悬浮于水中成为悬浮液。作物的营养元素包括主要营养元素：碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)；次要营养元素：钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)，和微量元素：铜(Cu)、铁(Fe)、锌(Zn)、锰(Mn)、钼(Mo)、硼(B)等三大类，共16种营养元素。这三类营养元素的作用对于作物生长和成熟都是不可缺少的，也是不可替代的。在主要营养元素中，碳、氢、氧可以从空气和水中获得，一般不需要特殊供应，而氮、磷、钾消耗大、补充多，尤其以氮为最多。次要和微量营养元素中，尤其是微量元素，应该按土壤和作物情况，缺什么补什么，缺多少补多少，其用量虽较少，但其作用与主要营养元素一样的重要。

液体肥料发展至今，已有200余年的历史^{〔1〕}。迄今为止，品种甚多，大致可分为液体氮肥和液体复混肥两大类^{〔2〕}：

1. 液体氮肥：液体氮肥的有效物质有铵态、硝态和酰胺

态的氮，如液氨、氨水、氮溶液。

2. 液体复混肥 液体复混肥含有氮、磷、钾中两种或三种营养元素，还可添加次量(Ca、Mg、S)和微量(Cu、Fe、Zn、Mn、Mo、B)营养元素以及除草剂、杀虫剂、植物激素等。液体复混肥分清液肥料(Clear Solutions)和悬浮液肥料(Fertilizer Suspensions)两种。清液肥料中的营养元素完全溶解，不含分散性固体颗粒。悬浮液肥料的液相中分散有不溶性固体肥料微粒或含惰性物质微粒。

液体肥料在贮运、计量、使用等方面都较固体肥料简便容易。与固体肥料相比，液体肥料能够更精确的进行施肥，同时液体肥料也是微量元素和农药等添加剂良好的载体。在方便的情况下，可以利用灌溉系统进行液体施肥。1960年美国就开始使用氮溶液，而且增长迅速，如图1-1表示美国30年中液体肥料消耗的增长情况。

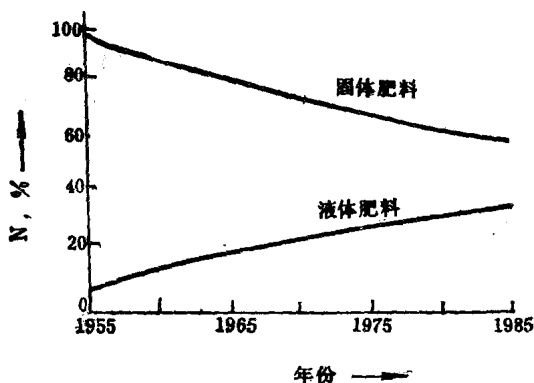


图 1-1 美国30年中液体肥料的增长情况

以肥料所含营养元素计算，液固两种肥料在美国1960年出

售总量为746万吨，其中液体肥料为47万吨，占6.7%。到1981年，固液两肥的出售总量为2345万吨，其中液体肥料为409万吨，占17.4%，出售量增加了8倍。到1986年，美国共消耗肥料4232.5万吨，其中液体肥料占38.1%（某些州已达到50%）。在液体肥料中，单质肥料占76.5%，复混肥料占23.5%，如表1-1。

表 1-1 1986年美国化肥消耗（万吨）

肥 料	化肥总量		单质肥料		复混肥料	
	耗 量	占总量, %	耗 量	占总量, %	耗 量	占总量, %
散装	2210.3	52.2	1142.5	46.5	1067.8	60.2
袋装	410.4	9.7	84.7	3.4	325.7	18.3
液体	1611.8	38.1	1232.6	50.1	379.2	21.5
合计	4232.5	100.0	2459.8	100.0	1772.7	100.0

法国1976年氮溶液占氮总销售量的10%，无水氨占2%。在单质氮肥用量中氮溶液供应量占15%，氨占3.1%。澳大利亚1977年液氨和氨水的供应量约为总用氮量的25%，单质氮肥的38%；比1976年增加了35%。加拿大1977年液氨氮肥占总用氮量的22%，单质氮肥的35%。氮溶液的供应量为总用氮量的3.6%。丹麦1976年液氨供应量为总用氮量的41%，1977年为36%。哥伦比亚1975年液体肥料占肥料总量的10~20%，1977年液氨供应量为用氮总量的10%，而1976年为20%墨西哥1977年无水氨占氮总量的28%，是氮品种中的主要形式，1978年达到33%左右。罗马尼亚有7套液体肥料生产装置，1987年生产液体肥料100吨，国内使用15万吨，其它出口美、苏、捷、匈等国，生产5种品种含氮量分别为28、30、32、37和41%，如

32-0-0中尿素氮占16%，硝铵氮占16%。还有小型多元液肥厂，年产1500吨，主要是叶面喷施，用于蔬菜、水果等。罗马尼亚化肥研究中心正在试制推广聚磷酸铵液体肥料(10-34-0)。其它少量使用液体肥料的国家有：西班牙、中国、瑞典、印度、日本、苏联、捷克和斯洛伐克及匈牙利等。据统计，现在除美国外，贮置液体肥料生产和施肥设备的国家有23个之多。也有一些国家，虽然液体肥料的使用数量日益上升，但由于这些国家的劳动力价格比较低廉，其发展速度远不如美国。

液体肥料随着科技和生产的发展，不断开发新产品和新用途，例如：

胶质肥料(Gelled Fertilizers)是液体肥料的一种衍生产品，它的生产是将液体肥料添加小量聚合物粉末，约占液体肥料的1%左右，经搅拌混合，直至达到适当的粘度。聚合物一般采用对环境有良好作用的糖类物质。美国田纳西河流域管理局(Tennessee Valley Authority, 以下简称TVA)研制了8种不同的聚合物，其中有两种产品可加速植物对主要养分的吸收，另一种可加速植物对铁的吸收。

胶质肥料经种植试验，土壤中含氮量增加0.66%，而施用等养肥料时只增加0.15%；在土壤淋溶液中的含氮量减少到0.72%，而对照为1.78%，因此这种胶质肥料可以增加土壤中的有效养分含量，使作物增产30%，对作物能增加氮、铁的吸收，减少地下水的氮污染。

利用液体微量元素肥料既均匀又易适合施肥的浓度，英国与法国共同开发了液体微肥浸渍机，可以连续用液体微肥浸渍粒状肥料，使粒状肥料含有均匀的微量元素，满足当前高质量多元粒状肥料市场的需要，特别是对法国这样习惯于将微量元素肥料直接施入土壤的国家，改善了肥料的效果。这种液体

肥料浸渍机的生产能力40~80吨/小时，并有防止浸渍损失和限制由于密度不同而产生分离的措施。

第二节 液体肥料工业的发展

液体肥料以配方为基础的工业生产，创始于美国。从本世纪60年代开始至80年代，20年来，特别是近期来，液体肥料工业的发展迅速，如氮溶液与聚磷酸铵、合成氨的液化和装瓶、磷酸、过磷酸与液体肥料的生产以及液体肥料的贮运设备、施肥机械等都得到很大的发展。

一、氮溶液与聚磷酸铵的开发

自60年代至80年代止20年中，在液肥发展过程中，以氮溶液为代表的液体氮肥和以聚磷酸铵为代表的液体复混肥料特别为农民和园艺种植者所广泛采用。因此，这两项品种的生产发展特别迅速。

液体氮肥中液氨含氮虽高，但因为它是高压液肥（压力高达1.57兆帕），在贮运、使用时，须注意安全。液氨对土壤有机物中某些有益微生物也有所危害。氨水含氮在25~28%之间，有大量水贮运，也不经济。氮溶液是由75~85%硝酸铵溶液和70%尿素溶液制备而成。对工厂来说，每生产含1吨氮的氮溶液可节省制备固体氮肥所需的能耗 4.184×10^9 焦耳。因为它是低压（40℃以下 $7.1 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10^5$ 帕）或无压（表压为0）的液肥，不但在施肥上有其优越性，而且还利于安全贮运及直接施肥。氮溶液中所含尿素（46% N）及硝酸铵（35% N）的溶解度等于或者超过单一（二者任一种）盐在水中的溶解度。还可加入液氨、磷酸一铵和可混性农药等，制备多元浓缩清澈溶液和悬浮液，因而成为液体氮肥中代表性品种之一。现在，国际上美、法、日等国均广泛采用。1955年，美国以实物计，