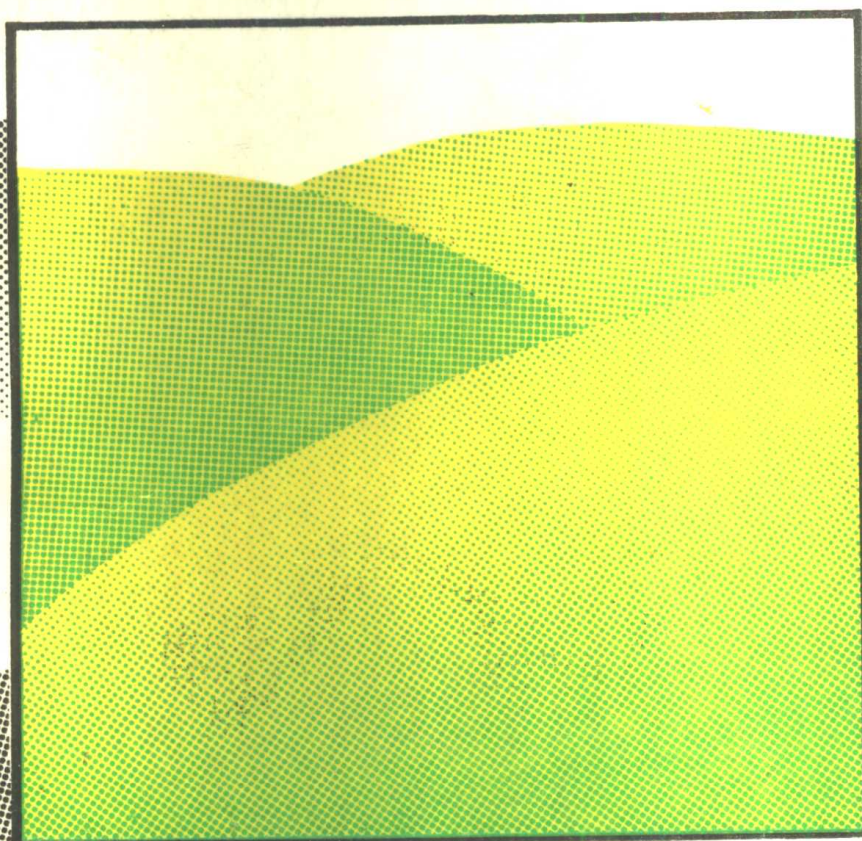


化肥技术 与 使用

第三版

【美】O. P. 英格尔斯塔德 编



化学工业出版社

化肥技术与使用

第 三 版

〔美〕O.P.英格尔斯塔德 编

张国信 等译

戴元法 屠益笙 审校

化 学 工 业 出 版 社

(京)新登字039号

O. P. Engelstad editor

Fertilizer Technology and Use

Third Edition

Published by Soil Science Society of America, Inc.

(Madison, Wisconsin USA, 1985)

化肥技术与使用

第 三 版

张国信 等译

戴元法 屠益奎 审校

责任编辑: 王士君

封面设计: 顾天晔

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

新华书店北京发行所经销

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张27字数687千字

1992年2月第1版 1992年2月北京第1次印刷

印 数 1—1500

ISBN 7-5025-1009-5/TQ·586

定 价 21.10元

序 言

我们依赖土壤来生产我们生活所需的大部分粮食、饲料和纤维，但土壤种类繁多，从而使问题复杂。土壤视其在大陆块上的位置、海拔、纬度、母质、生成年代不同而异。因此，它们具有不同的化学组成、养料有效度、生物集群、物理性质、水分供应的程度、有机质及其他特性。这些特性全部影响土壤的生产率，而大多数不能加以明显改变。不过，植物有效生长所需必要矿物元素含量有差异这一因素则是比较容易改变的，办法是加入土壤改良物质来适应具体作物需要。

改良土壤使之成为供植物生长用的更好介质，其起源殆不可考。土壤施肥以纠正某一必要元素的缺乏则可追溯至19世纪。但是，把几乎所有关于植物养料需求的知识发展成为拥有大量纪实材料并得到普遍理解的肥料使用基础，那是20世纪的事。

外加营养元素的需要及其实用性得到公认，导致了庞大重化学工业的发展，以供应以种植业为基础的农业活动的需要。这促使在肥料生产的科学和技术、供求、经济及使用等方面进行了大量的研究工作，从而形成的新概念应该源源不断地提供给在肥料、土壤施肥、植物营养等广阔领域内的从业人员，为其所用。编纂本卷的宗旨即在于此。

在过去10~20年中，围绕肥料的生产和使用出现了一些其他问题。其中一个问题就是供肥料制造用的主要资源会耗尽。这一现实把肥料的有效使用问题提到了重要位置。另一问题是肥料愈来愈多地影响到环保，特别是有关地面和地下水供应问题。采用经过验证的慎重使用肥料的方法是防止不必要污染的措施之一。见多识广之士似乎更能理性地对待生产工艺中的积极因素和消极因素。缘此，本书自有其重大潜在意义，受惠固不仅止于农业生产。

1985年12月

John Pesek, 会长

美国土壤科学学会

前 言

(Soil Science Society of America)

美国土壤科学学会于1950和1962年分别在马里兰(Maryland)大学和珀杜(Purdue)大学主办肥料技术和使用短训班。作为第二期短训班的一项成就,该学会出版了一本非常成功的书,书名“肥料技术与用途”。鉴于技术不断发展,该学会复于1971年易名“肥料技术与使用”再版了该书,也极为成功,备受欢迎。

本书为第三版,凡属肥料技术与使用方面的最新进展均在收罗之列。作者提供的当前信息所涉及的主题有:肥料市场;土壤测定和植物组织测定;酸性和碱性土壤中肥料-植物的相互作用;植物养料在灌溉地中的行为;固体、溶液、悬浮液形式的大量养料、次要养料和微量养料肥料的生产、销售和使用;缓释氮肥和加硝化抑制剂的氮肥;肥料使用中的环保问题,包括对非点源污染的影响;与用肥有关的农作物营养质量。前一版本中关于人畜粪便肥料一章已改写为养料的有机来源。本版新辟两章《肥料效应的农学和统计学评价》和《施肥的现代技术》。后一章专为日益推广的少耕制度而作。

本书所有篇章均约请公认的专家执笔,对于大学师生和肥料工业界人士,对于寄兴趣于农业的广大公众应会有重大意义和帮助。

编辑委员会对撰稿诸公通力耐心的合作深表谢意,也愿特别感谢学会总部的 Susan Ernst女士和Richard Dinauer先生对编纂工作的实际帮助和精神支持。

1985年12月

编辑委员会

O. P. Engelstad, 主任, 国家肥料开发中心(田纳西流域管理局)

F. C. Boswell, 佐治亚大学

T. C. Tucker, 亚利桑那大学

L. F. Welsh, 伊利诺斯大学

国际标准计量单位和非国际标准计量单位换算表

1 项换算为 2 项 乘以	1 项 国际标准单位	2 项 非国际标准单位	2 项换算为 1 项 乘以
长 度			
0.621	千米, km(10^3m)	英里, mi	1.609
1.094	米, m	码, yd	0.914
3.28	米, m	英尺, ft	0.304
1.0	微米, $\mu\text{m}(10^{-6}\text{m})$	微米, μ	1.0
3.94×10^{-4}	毫米, mm(10^{-3}m)	英寸, in	25.4
10	毫微米, nm(10^{-9}m)	埃, Å	0.1
面 积			
2.47	公顷, ha	英亩, Acre	0.405
247	平方千米, km ² (10^6m^2)	英亩, Acre	4.05×10^{-4}
0.386	平方千米, km ² (10^6m^2)	平方英里, mi ²	2.59
2.47×10^{-4}	平方米, m ² (10^6m^2)	英亩, Acre	4.05×10^3
10.76	平方米, m ² (10^6m^2)	平方英尺, ft ²	9.29×10^{-3}
1.55×10^{-6}	平方毫米, m ² (10^{-6}m^2)	平方英寸, in ²	645
体 积			
6.10×10^4	立方米, m ³	立方英寸, in ³	1.64×10^{-5}
2.84×10^{-3}	升, L(10^{-3}m^3)	蒲式耳, bu	35.24
1.057	升, L(10^{-3}m^3)	夸脱 (液体), qt	0.946
3.53×10^{-5}	升, L(10^{-3}m^3)	立方英尺, ft ³	28.3
0.265	升, L(10^{-3}m^3)	加仑	3.78
33.78	升, L(10^{-3}m^3)	英两 (液体), oz	2.96×10^{-3}
2.11	升, L(10^{-3}m^3)	夸脱 (液体), qt	0.473
1.06	升, L(10^{-3}m^3)	品脱 (液体), pt	3.946
9.73×10^{-3}	立方米, m ³	英亩-英寸	102.8
35.7	立方米, m ³	立方英尺, ft ³	2.80×10^{-3}
质 量			
2.20×10^6	克, g(10^{-3}kg)	磅, lb	454
3.52×10^{-3}	克, g	英两, oz	28.4
2.205	公斤, kg	磅, lb	0.454
10^{-2}	公斤, kg	公担 (公制), q	10^2
1.1×10^{-6}	公斤, kg	吨 (2000lb), T	907
1.102	百万 (兆) 克, Mg (公吨)	吨 (美国), T	0.907
产量和速率			
0.893	公斤/公顷, kg ha ⁻¹	磅/英亩, lb acre ⁻¹	1.12
7.77×10^{-3}	公斤/立方米, kg m ⁻³	磅/蒲式耳, lb bu ⁻¹	12.87
1.49×10^{-4}	公斤/公顷, kg ha ⁻¹	蒲式耳/英亩, 60 lb	67.19
1.59×10^{-4}	公斤/公顷, kg ha ⁻¹	蒲式耳/英亩, 56 lb	62.71
1.06×10^{-4}	公斤/公顷, kg ha ⁻¹	蒲式耳/英亩, 48 lb	53.75

续表

1 项换算为 2 项 乘以	1 项 国际标准单位	2 项 非国际标准单位	2 项换算为 1 项 乘以
产量和速率			
0.107	升/公顷, L ha^{-1}	加仑/英亩	9.35
893	百万克/公顷, Mg ha^{-1}	吨(2000lb)/英亩, T acre^{-1}	2.24
2.10	米/秒, ms^{-1}	英里/小时	0.477
表 面 积			
10	平方米/公斤, m^2kg^{-1}	平方厘米/克, cm^2g^{-1}	0.1
10^3	平方米/公斤, m^2kg^{-1}	平方毫米/克, mm^2g^{-1}	10^{-3}
压 力			
9.90	百万帕, MPa (10^6Pa)	大气压	0.101
10	百万帕, MPa (10^6Pa)	巴	0.1
1.00	百万克/立方米 Mgm^{-3}	克/立方厘米, gcm^{-3}	1.00
2.09×10^{-2}	帕, Pa	磅/平方英尺, lb ft^{-2}	47.9
1.45×10^{-4}	帕, Pa	磅/平方英寸, lb in^{-2}	6.90×10^3
温 度			
1.00	凯尔文, K	摄氏, $^{\circ}\text{C}$	$1.00(^{\circ}\text{C} + 273)$
$(9/5^{\circ}\text{C}) + 32$	摄氏, $^{\circ}\text{C}$	华氏, $^{\circ}\text{F}$	$5/9(^{\circ}\text{F} - 32)$
能量, 功, 热量			
9.52×10^{-4}	焦耳, J	英热单位, Btu	1.05×10^3
0.239	焦耳, J	卡, Cal	4.19
10^7	焦耳, J	尔格 erg	10^{-7}
0.735	焦耳, J	英尺-磅	1.36
2.387×10^{-3}	焦耳/平方米, Jm^{-2}	卡/平方厘米	4.19×10^4
10^5	牛顿, N	达因	10^{-5}
1.43×10^{-3}	伏特/平方米, Wm^{-2}	卡/平方厘米·分, $\text{Cal cm}^{-2}\text{min}^{-1}$	698
蒸发和光合作用			
3.60×10^{-3}	毫克/平方米·秒, $\text{mgm}^{-2}\text{s}^{-1}$	克/平方厘米·小时, $\text{gcm}^{-2}\text{h}^{-1}$	27.80
5.56×10^{-4}	毫克(水)/平方米·秒, $\text{mgm}^{-2}\text{s}^{-1}$	微摩尔(H_2O)/平方厘米·秒, $\mu\text{molcm}^{-2}\text{s}^{-1}$	180
10^{-4}	毫克/平方米·秒, $\text{mgm}^{-2}\text{s}^{-1}$	毫克/平方厘米·秒, $\text{mgcm}^{-2}\text{s}^{-1}$	10^4
35.97	毫克/平方米·秒, $\text{mgm}^{-2}\text{s}^{-1}$	毫克/平方厘米·时, $\text{mgcm}^{-2}\text{h}^{-1}$	2.78×10^{-3}
角 度			
57.3	弧度, rad	度(angle) $^{\circ}$	1.75×10^{-2}
导 电 率			
10	西门/米, sm^{-1}	mmhocm^{-1}	0.1
水的测量			
9.73×10^{-3}	立方米, m^3	英亩-英寸, acre-in	102.8
9.81×10^{-3}	立方米/小时, m^3h^{-1}	立方英尺/秒, ft^3s^{-1}	101.9
4.401	立方米/小时, m^3h^{-1}	美国加仑/分, ga min^{-1}	0.227
8.11	公顷-米, ha-m	英亩-英尺, acre-ft	0.123
97.28	公顷-米, ha-m	英亩-英寸, acre-in	0.103×10^{-3}
8.1×10^{-2}	公顷-厘米, ha-cm	英亩-英尺, acre-ft	12.33

续表

1 项换算为 2 项 乘以	1 项 国际标准单位	2 项 非国际标准单位	2 项换算为 1 项 乘以
浓 度			
1	厘摩尔/公斤, cmol kg^{-1} (离子交换能力)	毫克当量/100克, $\text{meq } 100\text{g}^{-1}$	1
0.1	克/公斤, g kg^{-1}	百分率, %	10
1	百万克/立方米, Mg m^{-3}	克/立方厘米, g cm^{-3}	1
1	毫克/公斤, mg kg^{-1}	百万分之一, ppm	1
作物养分符号换算			
1 项换算为 2 项 乘以	1 项 元 素	2 项 氧化物	2 项换算为 1 项 乘以
2.29	P	P_2O_5	0.437
1.20	K	K_2O	0.830
1.39	Ca	CaO	0.715
1.66	Mg	MgO	0.602

内 容 提 要

本书是根据美国土壤科学学会出版的O. P. 英格尔斯塔德所编《化肥技术与使用》(Fertilizer Technology and Use) 1985年第三版译出。

本书是一本比较全面反映当代世界化肥生产与农化服务技术水平的参考书。书中对肥料市场；土壤和植物组织的测定；肥料效应的农学和统计学评价；酸性和碱性土壤中肥料-植物的相互作用；植物养料在灌溉地中的行为；固体、溶液、悬浮液形式的大量养料、次要养料和微量养料肥料的生产、销售和使用；缓释氮肥和加硝化抑制剂的氮肥；养料的有机来源；施肥的现代技术；肥料与环境的关系以及与使用肥料有关的植物营养质量等作了较详尽的论述。

本书可供从事肥料、农业、环境保护等部门的科技人员和有关大专院校师生参考。

参加本书翻译的有戴之法（第一章），屠益奎、张国信（第二、八章），张国信（第三、十五章），陈靖宇（第四章），单光淦（第五章），官知义（第六章），李健民、郑友竹（第七章），王苏权、郑伟中（第九章），沈勤家（第十章），陈嘉祯（第十一章），潘振玉（第十二章），陈恒伟（第十三章），魏克莉（第十四章），方月仙、高萍（第十六章），梁芝芳（第十七章）。本书经郭熙宁推荐，由化工部上海化工研究院技术情报室组织翻译。

目 录

序言

前言

国际标准计量单位和非国际标准计量单位换算表

第一章 肥料市场概述	1
一、世界粮食环节中肥料的重要作用.....	1
二、肥料市场的特点.....	2
三、肥料的消费和生产.....	9
四、总结.....	15
参考文献.....	15
第二章 土壤和植物养料需求的处方	17
一、土壤分析.....	17
二、植株分析.....	25
参考文献.....	32
第三章 肥料效应的农学和统计学评价	35
一、肥料试验的设计.....	35
二、田间小区技术.....	39
三、实物效应的测定.....	40
四、肥料效应数据的统计学分析.....	41
五、肥料使用数据的经济分析.....	50
参考文献.....	55
第四章 在酸性土壤中石灰-肥料-植物的相互作用	58
一、施石灰与阳离子交换反应和植物生长的关系.....	58
二、施石灰对土壤和肥料养分有效性的影响.....	62
三、施石灰对养分有效性有重要影响的微生物反应.....	70
四、在酸性土壤中植物的毒害.....	73
五、植物品种和变种对石灰-肥料相互作用的影响.....	78
参考文献.....	87
第五章 在碱性土壤中肥料-植物的相互作用	106
一、氮的转化.....	106
二、磷.....	111
三、钾.....	116
四、硫.....	118
五、铁.....	120
六、锌.....	124
参考文献.....	128

第六章 植物养分在灌溉地中的行为	137
一、灌溉对土壤的影响.....	137
二、植物养分在灌溉地中的反应.....	141
三、水稻田施肥.....	148
参考文献.....	156
第七章 氮肥的生产、销售和使用	157
一、自然界中的氮.....	157
二、工业固氮方法.....	159
三、能量消耗.....	169
四、氮肥的运输和销售.....	170
五、氮肥在土壤中的转化.....	172
六、氮肥的使用.....	182
七、结论.....	191
参考文献.....	192
第八章 缓释氮肥和以生物抑制剂改良的氮肥	199
一、缓释的概念.....	199
二、养料释放的类型.....	200
三、商品肥料和试验肥料.....	200
四、氮有效性及植物效应.....	209
五、缓释氮肥市场现状及预测.....	211
六、硝化抑制剂.....	211
七、尿毒酶抑制剂.....	213
八、应用前景和研究工作展望.....	214
参考文献.....	215
第九章 磷肥的生产、销售和使用	219
一、磷矿——起始原料.....	219
二、开采与富集.....	220
三、磷肥制造.....	221
四、磷肥的销售.....	235
五、磷肥的利用.....	236
六、影响磷有效度的土壤因素.....	237
七、磷肥的特性.....	240
八、磷肥的施用.....	243
参考文献.....	251
第十章 钾肥的生产、销售和使用	254
一、钾肥生产.....	254
二、钾肥销售.....	257
三、钾肥的使用.....	262
参考文献.....	271
第十一章 硫肥的生产、销售和使用	274

一、硫的来源	278
二、硫肥	280
三、硫肥的销售	286
四、土壤中硫的形式和植物对它们的利用	288
五、土壤中硫肥的反应	289
六、硫肥需要的预测和诊断	290
七、作为土壤调理剂的含硫产品	297
参考文献	300
第十二章 钙、镁及微量营养元素肥料的生产、销售和使用	304
一、生产方法	304
二、销售	309
三、施肥方法和施用量	312
参考文献	318
第十三章 固体、溶液和悬浮肥料的生产、销售和使用	323
一、散装掺合肥料厂	323
二、肥料造粒厂	329
三、流体混肥	331
四、卫星分配站	337
参考文献	338
第十四章 养料的有机来源	339
一、养分的来源和数量	340
二、结论	349
参考文献	350
第十五章 现代施肥技术	352
一、需要改进的技术	352
二、施肥方法对肥效的影响	353
三、省耕制下的施肥问题	360
四、灌溉与施肥的同时进行	363
五、肥料-农药混施	368
六、叶面施肥	371
七、施肥技术今后的改进	373
参考文献	374
第十六章 化肥使用与环境的关系	378
一、氮	378
二、磷	385
三、氮肥对大气的污染	390
四、施磷造成的土壤中镉的积累	390
五、摘要和结论	391
参考文献	392
第十七章 植物的营养质量与肥料使用的关系	397

一、土壤-植物-动物体系所涉及的诸因素.....	397
二、肥料对植物营养质量的特有影响.....	398
三、肥料使用与人类、动物营养关系的概括.....	412
四、总结和展望.....	413
参考文献.....	414

第一章 肥料市场概述

Edwin A. Harre, William C. White

有资料表明,自从第二次世界大战以来,世界农业增产满足了人口增长的需要,这是人类的最大成就之一。为了缓解人口增长对粮食需求的压力,农业产量增长的速度,要高于人口增长的速度。1970~1981年间,世界粮食产量指数增加了28%以上,单位面积产量指数提高了5个点(FAO^① 1983b)。预计到1994年,世界人口年增长率平均为1.8%,粮食的需求将继续增加(FAO, 1981a)。

世界粮食环节是不稳定的,这可以举1983年的一次历史性事件来说明。该年年初,世界农产品库存量很大,价格低,农民收入减少,美国开始缩减播种土地面积。农民对此作出的反应比预期的大,结果农产品创记录降低,粮食和大豆的库存减少。而该年全球的许多国家发生严重自然灾害,使得美国和全世界范围内的粮食产量和库存量进一步减少,如果1984年再出现该情况,将使世界粮食贮备发生严重不足。

世界饥荒的幽灵随时可能出现,只有获得粮食的充分供给,才能防止饥荒发生。然而,问题是世界农业能否持续战胜这种挑战,直至长期的人口控制计划产生效果。战胜这种挑战,世界的农业生产必须依靠单位面积产量的提高,因为要扩大耕地面积已经愈来愈困难了。提高土壤肥力是提高粮食产量和增加粮食供应的主要手段。

这一章将强调作物主要营养元素氮磷钾的作用,回顾肥料供应和使用的历史,肥料施用和市场形式以及肥料和其他农业投入的关系。回顾过去,将有助于阐明未来的肥料在世界粮食环节中的作用。

一、世界粮食环节中肥料的重要作用

在增加世界粮食产量的奋斗中,肥料一直处在最前列,它比其他农业投入所取得的成就更为突出,更可以信赖。肥沃的土壤才是有生产力的土壤。当作物养分短缺时,土壤生产力和作物产量降低。因此,提供作物养分是农业高产的要素,肥料是农业生产的关键。

有许多人努力想把肥料对农业生产的贡献进行定量的估价。估计其贡献高达50~70%,在发展中国家里,比这个数字更高些。多数研究结果表明,肥料虽不是农业增产的唯一贡献者,但它是领先的贡献者(FAO, 1981b)。粮食要获得增产,是一些条件综合的结果,其中一个条件不足,其他条件也将减效或无效。美国农作物总产量的30~40%来自施用肥料(TVA^②, 1983)。全世界范围内,肥料对农业产量的贡献估计为20~25%。

在农业生产中,不仅肥料的生产和使用的发展很大,而且在农业生产管理、供水、植物保护、药品和作物新品种等方面也取得了进展。Allan在Kenya(东非)(Wortman and Cummings, 1978)的研究总结说,完整的农业管理,包括杂交品种和施肥,将使农业增产

① Food and Agriculture Organization (联合国粮食与农业组织)

② Tennessee Valley Authority (田纳西工程管理局(美))——译者注。

大于300%；使用杂交品种和肥料，如果没有其他农业投入的配合，增产仅能达到65%。没有其他的办法可以取代农业来提供粮食。把各种合适的农业投入综合起来，是获得丰收的最可靠措施。

当农业生产研究取得进展后，农业产量记录将会继续被突破，粮品供应将会更加丰富，继续满足世界人口增长的需要。现在，可扩大的耕地面积是有限的，绝大多数粮食的可能增产量，将需要通过改善作物养分的途径获得。

1940年以前，美国农业的发展主要依靠扩大耕种和放牧的土地面积。然而，土地是一种有限的资源，被农业收获物带走的养分，如果不给予补充偿还，它将不可能持续高产。土壤养分枯竭，农业产量下降，农民就无法进行农业生产了。农民必须年年设法保持土壤肥力。由于人口的增长，人类对土地资源和商品肥料的需求也增加。事实上，肥料能够代替土地——当可用于生产粮食的闲置土地愈来愈少时，肥料在粮食生产中的作用更重要了。所以在土地有限的地区，为了进行粮食生产，肥料的作用是重要且可靠的。

像土地资源一样，肥料资源也是有限的。就当前的肥料生产水平来衡量，有关矿物的贮量是相对有限的。同样，氮肥生产的未来趋势，将很大程度上取决于能源的供应和价格。因此肥料工业面临的挑战，不仅要继续提供足够量的作物养分，而且要在农业生产中提高养分的利用率。

二、肥料市场的特点

现代的农业区，特别是气候温暖和雨水充足的农业区，对氮肥的需求量很大。它超过任何其他作物养分的需求量，只有极少数土壤含有足够的氮素的使非根瘤的农作物高产。有机物是农作物所需氮素的一种来源，但是现今要进行有效的农业生产，不仅应归还土壤和保持土壤一定量的有机物，而且要补充氮肥。世界氮肥消费量增加得比磷肥和钾肥快，因为增施氮肥的农业增产效果容易看得到，其经济效益容易测量出来。

磷素和氮素不一样，它可以在土壤中积累。近年来，在世界不少地区，由于施肥水平很高，土壤的含磷水平大大提高。然而，也有某些国家或地区，由于施磷肥较少，从而使土壤的含磷水平降低到危险点，如果不增加磷肥的施用量，就不能维持农业高产。钾肥施用量继续增加，在世界许多地区甚至超过磷肥。未来的钾肥消费模式可能与氮肥相似，而过去钾肥和磷肥的消费模式相似。

（一）主要的原料肥料

为作物生长提供养分的物料称为肥料。肥料一词曾包括绿肥、粪便或类似的物料在内。但是，近年来用商品肥料这个词，它的定义是：含有一种或一种以上作物养分的物料，主要以其所含养分来促进作物的生长。在美国，肥料生产是大工业，其产品有：氨（ NH_3 ）、尿素、磷酸（ H_3PO_4 ）和硫酸（ H_2SO_4 ）、磷酸铵和钾盐等，它们的产量吨位很大，在化工生产和矿物加工工业中，列于前茅。

在美国，氨、磷酸和氯化钾（ KCl ）是肥料的基础原料。在世界的其他地区，生产过磷酸钙和直接使用磷矿粉，仍大量地作为磷肥供应农业。下面将简单叙述美国采用的原料肥料和它们自1965年以来的消费模式。在国际肥料市场中，存在相同的产品市场趋势。然而，某些国家却缺少以产品为基础的市场讯息。

1. 氨

在美国，氨不仅用来制造所有的氮肥，而且还直接用来施肥。美国氮肥消费量约40%是

直接施用氨(图1-1)(USDA^①, 1983)。然而在世界市场上, 氨直接施用只限于西欧和拉丁美洲的少数一些地区。它在世界其他地区所以受到限制, 主要原因是, 与美国比较起来, 其田块面积规模太小, 不适用于用机具施液氨。另外还有土壤类型和气候条件, 也是决定能否采用氨直接施肥的重要因素。

2. 含氮溶液

美国第二个重要的氮肥是含氮溶液, 通常是硝酸铵(NH_4NO_3)、尿素或两者的水溶液。含氮溶液消费的增长速度, 比直接施用氨和其他固体氮肥快。1982年, 美国含氮溶液的消费量, 占氮肥总市场量1000万吨氮的18%左右, 含氮溶液在其他国家的使用, 要比液氨直接施用较普遍些, 但是都不如美国那样占有如此大的市场。

3. 硝酸铵

第二次世界大战以后, 硝酸铵曾是第一个主要的高浓度氮肥品种; 之后, 氨曾变成氮肥中的领头产品; 到本世纪70年代中期,

硝酸铵的领先地位被含氮溶液所代替。硝酸铵保持其在固体氮肥中的领先地位, 一直到1978年之后才被尿素所取代。1973年它处于产量高峰, 之后它的市场地位逐渐下降。

4. 尿素

尿素是固体氮肥中含氮量最高的品种。自从它作为肥料使用以来, 在国际肥料市场上发展得很快。本世纪70年代初期, 它成为世界氮肥中为首的产品。在1980年美国肥料市场中, 它仅次于氨和含氮溶液, 而处于第三位。但是含氮溶液的约1/3的氮来自尿素, 所以美国尿素的实际地位比市场公布的要高些。当世界肥料生产的模式继续发生变化和氮肥的贸易继续扩大时, 尿素将会变得更加重要。

5. 硫酸铵

硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 曾是早期氮肥的首要品种。现在世界某些地区仍大量使用硫酸铵。它也是硫养分的来源。硫酸铵的真正重要方面是它被用来作制备复合肥料的配料; 然而, 它在这方面的消费量没有正确的统计数字。硫酸铵作为氮肥使用的地位将继续下降; 但是, 由钢铁工业和己内酰胺生产以及其他化学工业中副产的硫酸铵, 将继续作为氮肥使用。

6. 普通过磷酸钙

普通过磷酸钙在很长时期里曾是磷肥市场的霸主, 而现在在许多国家里已经几乎消失。本世纪60年代以前, 美国氨化过磷酸钙多数是用于复合肥料的配料, 而现在它只占磷肥总供应量约2% (图1-2)。

7. 重过磷酸钙

重过磷酸钙(TSP)的市场地位也慢慢地下降, 在美国它只占磷肥总供应量的10%左右。重过磷酸钙仍大量用于制造低氮或含氮的复合肥料配料, 即P/N比很高的复合肥料。美国的重过磷酸钙大量进入世界肥料贸易, 特别出口到有氮肥生产而无磷肥生产的国家。

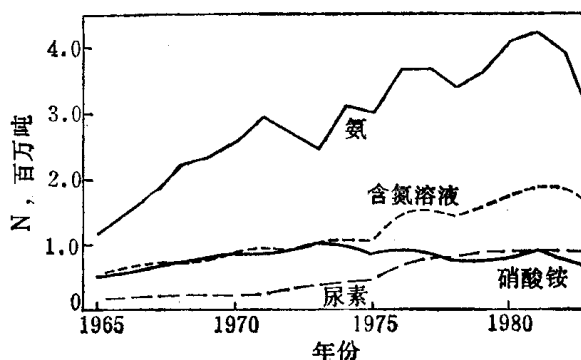


图 1-1 美国直接施各种肥料的历年消费量变化 (Birdges, 1983; USDA, 1983)

① United States Drug Administration (美国药物管理局)——译者注。

8. 磷酸铵

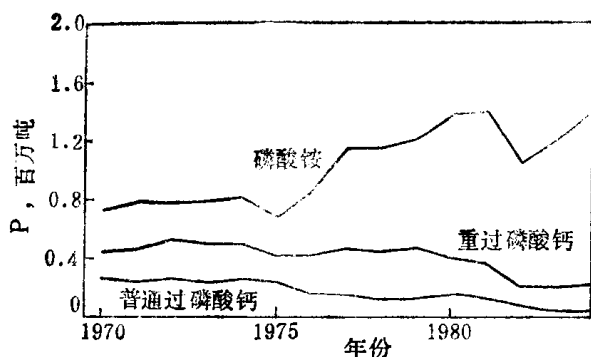


图 1-2 美国磷肥品种分布的变化 (USDA, 1970~1983)

磷酸二铵 (DAP) 和磷酸一铵 (MAP) 已经成为美国磷肥工业和国际磷肥贸易的基石。这两个品种占美国磷肥供应量的50%以上, 其重要性将继续上升。随着氨化粒化技术的诞生, 继而有磷酸二铵生产出现后, 美国肥料市场和世界许多地区, 没有一种肥料的影响力达到与磷酸铵肥料相同的水平。磷酸一铵在磷酸铵肥料中只占较小的比例, 但其重要性正在增加。因为它既可作为固体肥料使用, 也可以用来作为制造悬浮型流体肥料的原料。磷酸一铵与重过磷酸钙一样, 可用淤渣磷酸为原料, 和制造P/N比高的复合肥料。

9. 硝酸磷肥

硝酸磷肥是用硝酸替代硫酸或磷酸分解磷矿制成的复合肥料, 它在短缺硫资源的地区发展更普遍。美国有一段时期建了几个硝酸磷肥厂, 但后来都关闭或改建成磷酸铵厂或氨化粒化复合肥料厂。硝酸磷肥在欧洲占一定优势, 但是某些肥料制造商改变方针, 用进口磷肥进行掺混, 制造与硝酸磷肥相似规格的掺混肥料。

10. 钾肥

钾肥主要是氯化钾。硫酸钾 (K_2SO_4) 和含有次要常量养分的钾化合物作为钾肥使用的数量不大。氯化钾仅在世界少数地区开采和加工生产。钾肥市场几乎被加拿大和苏联的钾肥生产所支配。在西欧、东欧、美国和约旦也有较大规模的生产。泰国和巴西的钾矿开采正在建设中^①。某些发展中国家计划从卤水中提取氯化钾。

除了上述原料肥料外, 还有一些含有作物养分的原料或副产物, 在某些地区作为原料肥料少量使用, 其条件是, 它们是当地唯一的作物养分来源, 或者其价格能与上述常见的原料肥料相竞争。

主要原料肥料的养分含量列于表1-1。关于它们的使用和特性的详细叙述, 将在下面几章中介绍。

(二) 肥料的销售分配

有了大量原料肥料之后, 还要有不同形式的市场进行分配销售。市场销售的肥料有氨、固体肥料、液体肥料、悬浮肥料、均匀的液体复合肥料和掺混肥料等。自从1960年以后, 美国肥料市场分配结构有了变化。由于发展了新的品种, 原来由肥料生产厂商——批发商——另售商组成的传统肥料市场结构, 改变成由肥料生产厂商——肥料另售商组成的更为简单直接的肥料流通渠道 (Hargett and Pay, 1980)。

美国的原料肥料消费量, 从1965年的2900万吨增长到1981年的4700万吨, 创最高记录 (USDA, 1983) (美国肥料消费量统计, 是按当年7月到下年6月, 这里提的年度是指年末)。在这段时间里, 肥料分配系统变化很快。包装的固体单元肥料和复混肥料量, 从大于

① 系指1985年——译者注。