

复混肥料 生产技术手册

◆◆◆ 方天翰 主编



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

复混肥料生产技术手册

方天翰 主 编

化学工业出版社

化学与应用化学出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

复混肥料生产技术手册/方天翰主编. —北京:化学工业出版社, 2002.12
ISBN 7-5025-4139-X

I. 复… II. 方… III. 复合肥料-混合肥料-生产-技术手册 IV. TQ444-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 109781 号

复混肥料生产技术手册

方天翰 主 编

责任编辑: 孙绥中

文字编辑: 靳星瑞

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
化学与应用化学出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 24¼ 字数 594 千字

2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4139-X/TQ·1627

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

京工商广临字 2003-003 号

编写人员名单

主 编 方天翰

编写人员(以姓氏笔画为序)

第一章 陈恩元

第二章 陈恩元

第三章 朱 亨 (第一节)

方 暄 (第二节~第八节)

第四章 姜国泉

第五章 姜国泉

第六章 谭家骧 忻武汉

前 言

农业是国民经济的基础，近 50 年来我国的农业迅猛发展，因而仅用 7% 的世界耕地面积，养活了占世界 22% 的人口。农业的发展与化肥工业的支持是分不开的。我国 1999 年产化肥 3251 万 t（纯养分计，下同），占世界化肥总产量（14725.3 万 t）的 22%。随着经验的积累和科学技术的不断发展，单组分肥料已日渐向复混肥料发展。据 IFA（国际肥料工业协会）的统计，1997 年世界化肥产量中，氮肥的 14.5%，磷肥的 65.8% 及钾肥的 30% 均被加工成复混肥料使用。而我国化肥产量中，只有氮肥的 10% 和磷肥的 25% 被加工成复混肥料使用。这主要是由于我国的复混肥料工业起步较晚。1980 年我国复混肥料的施用量仅占化肥总施用量的 2%，1997 年才上升到 20%。而世界上一些发达国家的复混肥料施用量占化肥总施用量的 70% 以上。随着我国人民生活水平的不断提高，农业可持续发展已提上了议事日程，而农业的可持续发展必然需要肥料工业可持续发展的支持。世界肥料发展史已经证明，复混肥料的发展是化肥工业的重要内容，以致复混肥料的生产技术及其占化肥总量的比例已能反映一个国家化肥工业发达程度和科学施肥的水平。为了适应我国当前农业和农村生产及经济发展的新形势，本手册从复混肥料的生产原料、生产方法、生产设备、专用型复混肥料配方以及配料计算等方面对复混肥料作了详细介绍，具有实用价值和可操作性。本手册可作为从事复混肥料科研、设计、生产人员以及农化服务人员、经销商、农业用户的工具书。

由于编写时间较为仓促，而国内外有关复混肥料的科技成果层出不穷、日新月异，我们掌握的资料极其有限，有些新信息未能反映到本手册中，加之作者水平有限，书中的缺点、错误和不足之处在所难免，热诚希望广大读者批评指正。

编者 2002 年 7 月

内 容 提 要

施用复混肥料是科学施肥的重要措施之一。本手册详细阐述了复混肥料的发展与现状,对复混肥料的生产原料、生产方法、生产设备进行了全面的论述。特别是本手册收录了大量的各种专用型复混肥料,包括多种粮食作物、经济作物、蔬菜水果、鱼塘、森林、草原等施肥领域的各种复混肥料的近 200 种配方,针对性和实用性很强。具有很高的实用价值。本手册作者均为多年从事复混肥料设计生产方面的专家。

书中内容丰富、全面,是迄今为止一本全面论述复混肥料生产技术的书。可供从事化肥特别是复混肥料科研、设计、生产以及农化服务领域的工程技术人员使用,也可供大专院校师生参考。

目 录

第一章 绪言	1
第一节 复混肥料的定义	1
第二节 复混肥料中的养分和养分标明通则	1
一、养分定义和分类	1
二、复混肥料养分标明通则	3
（一）复混肥料养分表示法	3
（二）复混肥料养分组成、生产量和库存量等的表示法	3
（三）各主要养分含量的表示法	4
（四）硝基复混肥料危险性警示	5
（五）氯含量对作物的影响及其在复混肥料中的表示法	6
第三节 复混肥料的种类	6
第四节 复混肥料的特点	7
第五节 复混肥料发展回顾及展望	8
一、化肥工业发达国家复混肥料发展概况	8
二、中国复混肥料发展简史	9
三、中国复混肥料的发展前景	11
参考文献	13
第二章 复混肥料的生产方法	14
第一节 复混肥料生产方法类型	14
一、干法掺合工艺	14
二、团粒法造粒	15
三、借助起化学反应的物质进行干料造粒	16
四、料浆造粒法	16
（一）喷浆造粒干燥机	17
（二）喷射床锥形造粒干燥机	17
（三）配有管式反应器的氨化粒化转鼓造粒机	17
五、熔融造粒法	18
六、浓溶液的造粒塔造粒法	18
七、挤压造粒法	19
八、液体复混肥料	20
（一）清液复混肥料	20
（二）悬浮液复混肥料	21
（三）液体复混肥料的优点和缺点	22
第二节 复混肥料的主要生产原料	22
一、氮肥	22

(一) 尿素	22
(二) 碳酸氢铵	24
(三) 硝酸铵	25
(四) 硫酸铵	26
(五) 氯化铵	27
(六) 氨	28
二、磷肥	30
(一) 普通过磷酸钙	30
(二) 重过磷酸钙	31
(三) 磷酸一铵	31
(四) 磷酸二铵	33
(五) 熔融钙镁磷肥	34
(六) 硝酸磷肥	34
(七) 磷酸	35
(八) 过磷酸	37
三、钾肥	38
(一) 氯化钾	38
(二) 硫酸钾	39
四、中量元素肥料的主要品种	39
(一) 硫肥	40
(二) 钙肥	42
(三) 镁肥	43
五、微量元素肥料的主要品种	44
(一) 硼肥的品种及其性质	44
(二) 锰肥	46
(三) 铁肥	47
(四) 锌肥	47
(五) 铜肥	49
(六) 钼肥	50
六、有益元素——硅	51
七、主要辅助原料	52
(一) 调理剂	52
(二) 黏结剂	53
(三) 包膜剂	54
第三节 复混肥料生产过程中的主要化学反应	55
一、硫铵系列复混肥料	55
二、氯化铵系列复混肥料	56
三、尿素系列复混肥料	56
四、硝酸铵系列复混肥料	59
五、普钙和重钙在复混肥料生产过程中的预处理	61

参考文献	64
第三章 复混肥料的生产工艺	65
第一节 掺混法	65
一、掺混肥料的历史、现状及发展前景	65
(一) 粉状掺混肥料	65
(二) 散装掺混肥料	65
(三) 我国掺混肥料的现状	67
二、掺混法的生产原理和工艺特点	68
(一) 掺混肥料的物理-化学性质	68
(二) 生产掺混肥料的技术关键	68
(三) 掺混肥料的生产装置设计原则	71
三、连续法制袋装掺混肥料	76
四、掺配肥料	77
五、掺混肥料在复混肥料中的地位和前景	78
第二节 粉料混合造粒法	79
一、圆盘造粒法	79
二、双轴造粒法	81
三、转鼓造粒法	82
四、挤压造粒法	84
五、加化学反应物料造粒法	87
第三节 料浆造粒法	89
一、中和反应器-双轴造粒流程	89
二、预中和-转鼓氨化粒化流程	90
(一) 流程概述	90
(二) 主要设备的设计参数	92
三、喷浆造粒流程	93
四、双转鼓内返料造粒流程	97
五、流态化造粒法	98
(一) 流化转鼓造粒流程	99
(二) 流化床造粒流程	101
第四节 熔料造粒法	103
一、熔料喷淋塔造粒流程	103
(一) Stami Carbon 硝酸磷酸铵钾生产流程	103
(二) 诺史克海德鲁尿素磷酸铵及尿素磷酸铵钾生产流程	104
二、熔料油冷造粒流程	106
(一) 尿素-硫酸铵油冷造粒流程	106
(二) 尿素(硝酸铵)-磷酸一铵-氯化钾油冷造粒流程	106
(三) 尿素复混肥料油冷造粒流程	107
三、管式反应器-双轴造粒机流程	109
四、管式反应器-转鼓造粒机流程	110

第五节 液体复混肥料	117
一、概述	117
二、生产液体复混肥料的主要原料	119
三、清液复混肥料的生产	119
(一) 热法磷酸生产聚磷酸铵清液复混肥料	121
(二) 聚磷酸生产聚磷酸铵清液复混肥料和悬浮液复混肥料	124
(三) 管式反应器生产聚磷酸铵清液复混肥料	124
(四) 磷酸脲法制聚磷酸铵清液复混肥料	127
(五) 以基础液肥、含氮和含钾组分用冷混法生产清液复混肥料	128
(六) 清液复混肥料的配料	128
(七) 清液复混肥料的相对密度、黏度和结晶温度	133
四、悬浮液复混肥料的生产	134
(一) 悬浮液复混肥料生产用冷混装置	134
(二) 悬浮液复混肥料生产用热混装置	135
(三) 生产 13-35-0 磷酸铵悬浮液复混肥料的三级连续氨化工艺	136
(四) 间歇氨化工艺	137
(五) 生产悬浮液复混肥料的冷混/热混装置	137
(六) 用高反应活性的磷矿粉生产悬浮液复混肥料	139
(七) 悬浮液复混肥料的配料	139
(八) 若干悬浮液复混肥料的组成和性质	141
第六节 包膜肥料	142
一、概述	142
二、包膜材料的选用原则	144
三、目前可供选用的包膜材料	144
(一) 无机物包膜材料	144
(二) 合成高分子材料	145
(三) 天然高分子材料	145
四、硫包尿素	146
(一) TVA 三转鼓法硫包尿素工艺流程	146
(二) 喷动床生产硫包尿素工艺流程	148
五、包膜复混肥料	148
(一) 喷动床生产包膜复混肥料工艺流程	148
(二) 转盘生产包膜复混肥料工艺流程	149
第七节 含中量营养元素的复混肥料	149
一、钙肥	150
二、镁肥	151
三、硫肥	152
四、含中量营养元素复混肥料的生产方法	152
(一) 掺混法	152
(二) 加入清液肥料法	153

(三) 加入悬浮液肥料法·····	154
(四) 包膜肥料法·····	154
第八节 含有微量营养元素和(或)农药的复混肥料·····	155
一、概述·····	155
二、常用的微量营养元素肥料品种·····	156
三、生产含微量营养元素复混肥料的方法·····	157
四、配有农药的复混肥料·····	163
五、叶面肥料·····	165
(一) 叶面肥料的特点·····	165
(二) 叶面肥料的浓度和用量·····	166
(三) 叶面肥料的生产·····	166
参考文献·····	168
第四章 复混肥料配方的确定·····	169
第一节 复混肥料的配料原则·····	170
一、根据作物和土壤的需要·····	170
(一) 作物所需营养成分及其生理功能、营养特性·····	170
(二) 土壤养分特性和保肥、供肥性·····	178
(三) 影响作物从土壤中吸收营养成分因素·····	188
(四) 长期施肥对作物产量和土壤肥力变化的影响·····	190
二、复混肥料的组分对产品性能的影响·····	193
(一) 复混肥料中各元素间的协合与拮抗·····	193
(二) 复混肥料中营养元素的配伍·····	195
(三) 其他冠名复混肥料的配伍·····	205
(四) 复混肥料的结块及防治·····	218
第二节 确定复混肥料配方的方法·····	220
一、简易计算确定氮、磷、钾用量的方法·····	220
二、借助土壤普查数据,采用养分平衡法确定复混肥料配方·····	223
三、农业科研部门提供适宜或推荐氮、磷、钾施肥量,确定复混肥料配方·····	224
第三节 复混肥料的配料计算·····	226
一、按产品标准含水量配料计算法·····	227
二、干物料平衡配料计算法·····	241
第五章 专用型复混肥料·····	247
第一节 专用型复混肥料概念·····	247
第二节 专用型复混肥料配方·····	248
一、粮食作物专用肥料配方·····	248
(一) 谷类作物专用肥料配方·····	248
1. 单季稻专用肥料配方·····	248
2. 双季稻专用肥料配方·····	248
3. 小麦专用肥料配方·····	249
4. 大麦专用肥料配方·····	249

5. 高粱专用肥料配方	250
6. 谷子专用肥料配方	250
7. 玉米专用肥料配方	250
(二) 薯类作物专用肥料配方	250
1. 土豆专用肥料配方	250
2. 山芋(地瓜)专用肥料配方	251
(三) 豆菽类作物专用肥配方	251
1. 大豆专用肥料配方	251
2. 绿豆、豇豆、小红豆专用肥料配方	252
3. 蚕豆专用肥料配方	252
二、经济作物专用肥料配方	253
(一) 纤维作物专用肥料配方	253
1. 棉花专用肥料配方	253
2. 麻类专用肥料配方	253
3. 苧麻专用肥料配方	253
4. 红麻专用肥料配方	254
(二) 油料作物专用肥料配方	254
1. 油棕专用肥料配方	254
2. 油菜(菜籽)专用肥料配方	254
3. 花生专用肥料配方	255
4. 向日葵专用肥料配方	255
5. 芝麻专用肥料配方	256
6. 胡麻专用肥料配方	256
(三) 烟茶作物专用肥料配方	256
1. 茶叶专用肥料配方	256
2. 烟草专用肥料配方	256
(四) 糖料作物专用肥料配方	257
1. 甜菜专用肥料配方	257
2. 甘蔗专用肥料配方	257
(五) 瓜类作物专用肥料配方	258
1. 甜瓜专用肥料配方	258
2. 西瓜专用肥料配方	258
(六) 水果类专用肥料配方	259
1. 柑橘专用肥料配方	259
2. 葡萄专用肥料配方	259
3. 苹果专用肥料配方	260
4. 香蕉专用肥料配方	260
5. 板栗专用肥料配方	261
6. 柿树专用肥料配方	261
7. 猕猴桃专用肥料配方	262

8. 梨专用肥料配方	262
9. 桃专用肥料配方	263
10. 李专用肥料配方	263
(七) 蔬菜类专用肥料配方	263
1. 茄果、叶菜类专用肥料配方	263
2. 番茄专用肥料配方	264
3. 黄瓜专用肥料配方	264
4. 辣椒专用肥料配方	265
5. 大白菜专用肥料配方	265
6. 大蒜专用肥料配方	266
7. 萝卜专用肥料配方	266
8. 洋葱专用肥料配方	267
9. 芹菜专用肥料配方	267
10. 花菜专用肥料配方	267
11. 甘蓝专用肥料配方	268
(八) 花卉类专用肥料配方	268
1. 花卉专用肥料配方	268
2. 观叶型花卉专用肥料配方	269
3. 观花型花卉专用肥料配方	270
4. 观果型花卉专用肥料配方	270
三、经济植物专用肥料配方	271
(一) 毛竹专用肥料配方	271
(二) 桑树专用肥料配方	271
1. 以蚕丝为目的的桑树专用肥料配方	271
2. 以蚕种为目的的桑树专用肥料配方	271
(三) 橡胶树专用肥料配方	272
(四) 山楂树专用肥料配方	272
(五) 腰果专用肥料配方	273
(六) 胡椒专用肥料配方	273
(七) 枣树专用肥料配方	274
四、其他专用肥料配方	274
(一) 鱼塘专用肥料配方	274
(二) 园艺肥料配方	275
(三) 林木专用肥料配方	275
1. 云杉专用肥料配方	275
2. 赤松专用肥料配方	275
3. 桦树专用肥料配方	276
4. 白杨、桉树、泡桐等阔叶树专用肥料配方	276
5. 柳杉、扇柏、落叶松等针叶类树专用肥料配方	276
6. 马尾松专用肥料配方	276

7. 湿地松专用肥料配方	277
8. 油桐专用肥料配方	277
(四) 牧草专用肥料配方	277
1. 禾本科牧草专用肥料配方	277
2. 豆科牧草专用肥料配方	278
3. 混播牧草专用肥料配方	278
第三节 几种专用型复混肥料施用效果	278
第四节 生产专用型复混肥料应注意的问题	287
参考文献	288
第六章 生产复混肥料的主要装备	290
第一节 破碎与筛分设备	290
一、破碎设备	290
二、筛分设备	295
第二节 混合反应设备	305
一、螺带式锥形混合机	305
二、双螺旋锥形混合机	306
三、转鼓混合机	306
四、卧式螺旋带混合机	307
五、预中和器	307
六、管式反应器	309
第三节 造粒设备	316
一、盘式造粒机	316
二、双轴造粒机	317
三、转鼓造粒机	318
四、喷浆造粒干燥机	320
五、挤压造粒机	322
第四节 干燥设备	325
一、回转干燥机	325
二、喷雾干燥塔	326
第五节 冷却设备	327
一、转筒冷却机	327
二、沸腾冷却器	328
第六节 尾气处理设备	329
一、袋式除尘器	329
二、文丘里洗涤器	334
第七节 产品调理设备包裹筒	338
第八节 计量、包装设备	339
一、圆盘给料机	339
二、电脑调速秤	340
三、包装机	342

附录	350
附录一 中华人民共和国国家标准 GB 15063—2001	350
附录二 中华人民共和国国家标准 GB /T 6274—1997	356
附录三 磷肥工业水污染物排放标准 GB 15580—1995	362
附录四 化肥养分换算系数	364
附录五 氮素 (N) 单位用量换算为含氮肥料和复混肥料单位用量 /kg	368
附录六 磷酸盐 (P_2O_5) 单位用量换算成磷肥和复混肥料单位用量 /kg	369
附录七 钾 (K_2O) 单位用量换算成钾肥和复混肥料单位用量 /kg	369
附录八 锰肥成分换算表	370
附录九 硼肥成分换算表	370
附录十 铜肥成分换算表	370
附录十一 锌肥成分换算表	370
附录十二 铁肥成分换算表	371
附录十三 钼肥成分换算表	371

第一章 绪 言

第一节 复混肥料的定义

中国国家标准《肥料术语及其定义》(GB/T 6274—1997)对复混肥料给予的定义为：复混肥料 (compound fertilizer) 是氮、磷、钾三种养分中，至少有两种养分标明量的由化学方法和（或）掺混方法制成的肥料。

为使仅以化学方法制成的复混肥料（如磷酸一铵、磷酸二铵、磷酸氢钾、硝酸磷肥、钙镁磷钾肥等）与以掺混方法制成的复混肥料加以区分，上述国家标准规定了下列术语和定义。

复合肥料 (complex fertilizer) 氮、磷、钾三种养分中，至少有两种养分标明量的仅由化学方法制成的肥料，是复混肥料的一种。

掺合肥料 (blended fertilizer) 氮、磷、钾三种养分中，至少有两种养分标明量的由干混方法制成的肥料，是复混肥料的一种。

国际标准化组织的《肥料和土壤调理剂术语》标准对复混肥料的定义与上述中国国家标准的定义相同。国际上往往有混合肥料 (mixed fertilizer) 的称谓。对于混合肥料一词，由于各国均有不同的释义，国际肥料界人士认为，为避免混淆，应尽量不用这个词。

复混肥料又称多元肥料 (mutinutrient fertilizer)。按照土壤条件和作物需要，它可以使用几种单一肥料和（或）复合肥料作为基础肥料，配制成氮、磷、钾养分组成不同的二元或三元复混肥料。在这些肥料中，可以含有一种或几种次要养分和（或）微量养分。此外，它还可以含有有益于肥料有效使用、有益于作物健康成长、或有益于动物营养健康的其他物质。

复混肥料是近代化肥品种中发展最快的品种。在化肥工业发达的国家里，它已发展成为主要化肥产品之一；在化肥工业正在发展的国家里，它将是一种发展的必然趋势。

第二节 复混肥料中的养分和养分标明通则

一、养分定义和分类

植物养分即植物生长繁殖所必需的营养元素。1939年 Arnon 和 Stout 提出了“必需营养元素”这一术语，并指出某一元素只有具备以下三条标准，才可确定为必需营养元素。

(1) 植物若缺少该元素则不能完成其生活周期。

(2) 该元素的功能不能被其他元素所替代。缺乏此元素，植物表现出专一症状，只有补充该元素才可以使植物正常生长发育并防止病害。

(3) 该元素在植物生理上有直接作用。或作为植物某一必需成分（如酶的组分），或为某一代谢过程（如酶促反应）所必需，而绝不是由于改善土壤或其他生长介质的物理、化学条件而产生的间接作用。

根据上述标准已经确认：碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、

镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、铜(Cu)、硼(B)、钼(Mo)和氯(Cl)16种元素为高等植物所必需的养分。

这16种元素在植物体内的含量是不同的。依据养分在植物体中的含量多少,可分为大量营养元素、中量营养元素和微量营养元素。大量营养元素包括碳、氢、氧、氮、磷、钾6种元素。在大量元素中,碳、氢、氧3种元素占植物干重的90%以上,由空气和水提供;氮、磷、钾的含量范围在植物干重的千分之几到百分之几之间,由于植物对它们的需要量多,而土壤中可供的量少,它们通常成为限制作物增产而需要施肥补充的主要养分。中量元素(次要养分)的含量范围在植物干重的千分之几到百分之一之间,有钙、镁、硫3种元素。微量元素(微量养分)的含量范围在百万分之几至千分之一之间,有铁、锰、锌、铜、钼、硼和氯7种元素。中量和微量元素不足时也需要施肥补充。这是当前较为普遍的分类方法,见表1-1。

表 1-1 营养元素分类表

养 分 类 别	营 养 元 素	养 分 类 别	营 养 元 素
大量元素 (可从空气或水中取得) (主要养分)	碳、氢、氧 氮、磷、钾	中量元素 (次要养分) 微量元素 (微量养分)	钙、镁、硫 铁、锰、锌、铜、钼、硼、氯

由于每种营养元素在植物体内有不同的生理功能,而某些功能与其含量之间并无紧密的联系。1982年, Mongel 和 Kirkoy 把16种元素分为4组,见表1-2。该表显示,除了来自大气的各种气体和水以外,其余13种肥料营养元素则是以离子、盐类或螯合状态存在于土壤中,为植物吸收并发挥其生理功能与生物化学作用,以完成作物生长发育、生育和成熟阶段整个生活周期。

表 1-2 营养元素按其植物体内功能分类表

营 养 元 素	吸收形态与来源	生物化学功能
第一组 C, H, O, N, S	CO ₂ , H ₂ CO ₃ , H ₂ O, O ₂ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , NH ₃ , SO ₄ ²⁻ , SO ₂ , 离子来自土壤溶液, 气体来自大气	有机物质的主要组分; 酶促过程中原子团的必需元素, 在氧化还原反应中被同化
第二组 P, B, (Si)	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻ , H ₂ BO ₃ ⁻ , B ₂ O ₃ ²⁻ , 磷酸盐、硼酸或硼酸盐存在于土壤溶液中	与植物体中天然醇类进行酯化作用生成相应的酯类; 磷酸酯参与能量转换反应
第三组 K, Ca, Mg, (Na), Mn, Cl	K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Mn ²⁺ , Cl ⁻ 等以离子态存在于土壤溶液中	一般功能: 产生细胞渗透势 特殊功能: 调节酶活性; 使酶蛋白的构造处于最佳状态; 作酶与底物之间的桥梁, 平衡阴离子
第四组 Fe, Cu, Zn, Mo	Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Cu ²⁺ , Zn ²⁺ , MoO ₄ ²⁻ 等以离子或螯合态存在于土壤溶液中	主要以螯合物结合于辅酶或辅基中, 通过原子价的变化传递电子

然而, 不同类别的作物需要吸收不同的养分, 其数量和养分种类, 甚至同一养分的不同形态, 例如 NH₄⁺ 与 NO₃⁻ 也是有区别的; 作物成长的不同阶段所需养分数量也不相同。因而需要按土壤条件和作物类别合理使用养分。

除上述作物必需的营养元素外, 还有某些有益元素。有益元素与必需元素的不同之处是它们并非为所有作物所必需, 但在一定的情况下有益于某些植物的生长和发育。还有些元素只有在植物体内保持一定含量时, 才能满足动物营养的需要。经过长期摸索, 一般认为有益元素包括硅 (Si)、钠 (Na)、钴 (Co)、硒 (Se)、钡 (Ba)、镍 (Ni) 等。

在有益元素中, 硅的增产效果值得重视。在日本曾应用硅酸盐使稻谷大量增产。在美国