



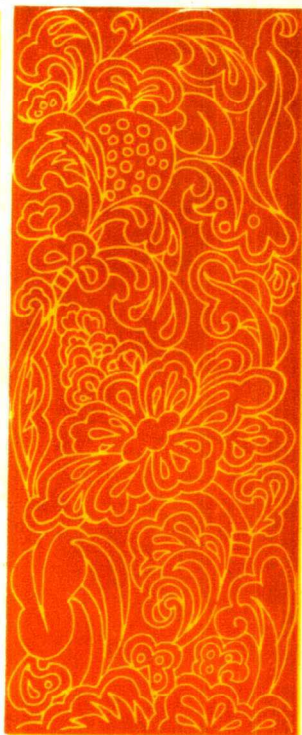
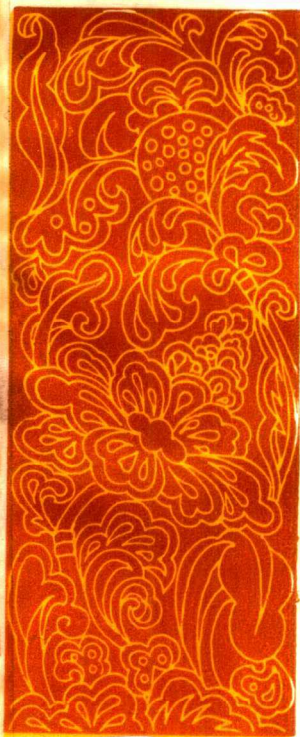
中华人民共和国农牧渔业部



农业生产技术基本知识

化 学 肥 料

陈 伦 寿 编 著



农 业 出 版 社

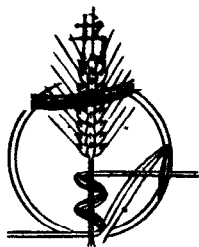


中华人民共和国农牧渔业部主編

农业生产技术基本知识

化 学 肥 料

陈伦寿 编著



农 业 出 版 社

《农业生产技术基本知识》编审委员会

主任委员 刘锡庚

副主任委员 邢毅 臧成耀 常紫钟

委员 (依姓氏笔划为序)

王天铎	王金陵	王树信	方中达	方原	冯玉麟
冯秀荣	庄巧生	庄晚芳	关联芳	许运天	李连捷
吴友三	陈仁	陈陆圻	陈华癸	郑丕留	郑丕尧
张子明	季道藩	周可涌	姚海震	赵善友	袁平书
高一陵	陶鼎来	莫元乾	黄祖祥	曹正之	彭克明
韩湘玲	粟宗藩	管致和	戴恩恩		

中华人民共和国农牧渔业部主编

农业生产技术基本知识

化 学 肥 料

陈伦寿 编著

农业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 3 印张 61 千字

1983年10月第1版 1983年10月北京第1次印刷

印数 1—120,000册

统一书号 13144·261 定价 0.34 元

出版说明

近年来，我国广大农村干部、社员，为了加快发展农业生产，建设起发达、富庶的农村，逐步地实现农业现代化，学习农业科学技术知识的热情空前高涨，广大农村出现了爱科学、学科学、用科学的新气象。为了适应广大读者学习上的迫切需要，这一套《农业生产技术基本知识》，经过重新增补修订，体现了知识更新，反映了农业科技发展的新水平，现在以其崭新的风貌和读者见面了。

《农业生产技术基本知识》原是在五十年代组织编写的。自初版问世以来，经三次增补修订，由最初的二十三分册发展为三十三分册，再版四次，深受农村干部和群众欢迎，对发展农业生产起到一定的积极作用。这次重新修订编写，为便于读者按专业阅读，在原来三十三分册的基础上发展为一百多分册，力求每个学科既突出重点，又有系统性。丛书内容注重理论联系实际，以阐明科学知识为主，兼顾技术上的应用；文字力求通俗易懂，深入浅出，是一套适于广大农村干部和群众自学的农业科普读物。

为使这套涉及农林牧副渔多学科的丛书保证质量，我们邀请了有关方面的专家、学者组成了本书的编审委员会。值此丛书重新出版之际，谨向本书编著者及各位编审委员致以

衷心的感谢。

农业科技人员的勤恳工作和广大农业生产者的创造性劳动，推动着我国的农业科学技术蓬勃发展，科技成果层出不穷，由于我们掌握的资料有限，未能充分地反映到这套丛书 中来，不足之处，热诚希望读者提出宝贵意见，以便今后在修订中逐步补充完善。

目 录

第一节 化学肥料与农业生产.....	1
一、历史的回顾.....	1
二、李比希的贡献.....	2
三、化学肥料的巨大增产潜力	3
第二节 大量元素肥料及其施用.....	6
一、氮肥	6
二、磷肥	27
三、钾肥	43
四、钙肥	50
第三节 微量元素肥料及其施用.....	54
一、铁肥	55
二、硼肥	56
三、锰肥	57
四、铜肥	58
五、锌肥	59
六、钼肥	61
第四节 复合肥料及其施用	64
一、氮磷二元复合肥料	66
二、氮钾二元复合肥料	68
三、磷钾二元复合肥料	69

四、氮磷钾三元复合肥料	71
第五节 化学肥料发展的动向	74
第六节 合理施用化肥的基本原理	78
一、合理施用化肥的概念	78
二、化肥施用现状和存在问题	79
三、合理施肥的基本原理	80

第一节 化学肥料与农业生产

一、历史的回顾

我国古代劳动人民，在与大自然斗争的过程中，积累了不少经验。由于受当时历史条件的限制，生产工具十分落后，生产水平很低。最初人们开荒种植，连种数年以后，产量显著下降，因而实行撩荒制，完全依靠自然过程来恢复地力。后来，人们知道用粪肥田的道理，开始施用一些兽骨、蚕矢、畜粪和青草等自然肥料。因此，实行土地休闲与农家肥料相结合的办法，使作物产量有了提高，农业生产向前发展了一步。随着时间的推移，进而实行轮作换茬，利用作物间的关系来恢复和保持地力，促进作物产量进一步提高。这些措施虽然比古老的撩荒种植有了很大的进步，但是人们仍然是依靠自然界的生物循环来恢复地力，并从土地获取有限的生活资料。在漫长的历史时期内，人们就是这样在与大自然斗争中顽强地生活着，因而不可避免地阻碍着农业生产向前发展。

二、李比希的贡献

到了十九世纪中期，德国伟大的化学家、现代农业化学的奠基人李比希（1803—1873），在前人工作的基础上，创立了植物矿质营养学说。1840年，他在伦敦英国有机化学学会上发表了《化学在农业和生理学上的应用》的著名报告，否定了当时风行一时的腐殖质学说。当时以德国学者泰依尔为代表的腐殖质学派认为，土壤肥力决定于腐殖质。腐殖质是土壤中植物养分的唯一来源，矿物质只不过起着间接作用，以加速腐殖质的转化，变成容易被植物吸收的物质。李比希却针锋相对地指出：腐殖质出现于地球上有了植物之后，而不是在植物出现之前，因此，植物的原始养分只能是矿物质。这就是矿质营养学说。

李比希的贡献在于他把整个地球上的生命现象，都看做是一个运动的循环过程，而农业则是人类和自然之间物质代谢的基础，也就是植物从土壤和大气中所吸收同化的营养物质，被人类和动物做为食物而摄取，经动植物本身和动物排泄物的腐败分解过程，再重新返回到大地或大气中去。这样，从土地取走的东西仍归还给了土地。李比希的归还学说，更确切地称为补偿学说，其中心意思是：“由于人类在土地上种植作物并把这些产物取走，这就必然会使地力逐渐下降，从而土壤所含的养分将会愈来愈少。因此，要恢复地力就必须归还从土壤取走的全部东西，不然就难以指望获得过去那样高的产量。为了增加产量，就应该向土壤施加灰分”。李比希

所创立的矿质营养学说和养分补偿学说，尽管有一些缺点和不足，但是基本上是正确的。农业发展的历史证明，李比希在农业化学发展过程中确实起了很大的作用，建立了不朽的功勋。正是由于他所创立的矿质营养学说，引出了一门巨大的化学肥料工业，为促进世界农业的迅速发展具有不可估量的深远影响。他的养分补偿学说触及了当时资本主义农业掠夺式经营的本质，不仅突破了过去长期依赖生物循环恢复地力的小农经济的框框，而且通过人为地施加肥料，扩大了生物循环的圈子，展示了作物增产的广阔前景，从而为合理施肥、培肥地力和作物增产奠定了理论基础。

三、化学肥料的巨大增产潜力

农业发展的历史证明，农业生产水平往往与当时的技术水平相一致。因此，除去政治、经济因素之外，一旦引进新的技术措施，或者更有效地应用已有的技术措施，就有可能促进农业生产的进一步发展。自从李比希的矿质营养学说引出了一门新兴的、巨大的化学肥料工业以后，使农业生产有了突飞猛进的发展。我们可以从西欧小麦产量水平的三次重大变化中，看出采用新的重大农业技术措施的作用和化学肥料的巨大增产潜力（图 1）。

从图 1 可以清楚地看出，在三区轮种制阶段，小麦产量水平很低，每公顷只有 7 公担，以后，随着豆科绿肥插入轮作，由于根瘤菌固定空气中氮素，增加了氮肥的来源，使得小麦的产量增长了 1 倍多，达到每公顷 16 公担的新水平；继

而在轮种制（种豆科绿肥）的基础上，由于增施化学肥料，使得取走的养分得到补偿以后，小麦产量水平又有了新的突破，较第二阶段几乎增加了1倍，而较第一阶段则增加了3倍多。由此可见，增施化学肥料给农业生产带来多么大的增产效果！在这里，我们很自然地会把化肥的巨大增产潜力与李比希的名字联系在一起。

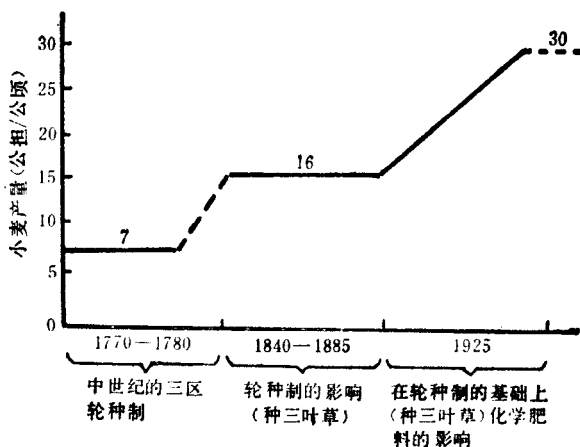


图1 150年西欧小麦产量水平变化与农业技术措施的关系

根据联合国粮食及农业组织（FAO）统计认为：由于世界各国化肥用量的逐年增加和施肥技术的改进，从而使得粮食产量获得显著地增加（表1）。

从世界范围来看，过去二三十年间粮食产量增加将近1倍。增产的原因虽然是多方面的，不过，化学肥料的增产效果估计约占30—60%。这一点，在发展中国家表现得尤为突出，估计农业增产的一半是由于使用了化肥。对于工业发达

国家，由于化肥用量较多，农业增产的 30—40% 是施用化肥的结果。由于化肥施用量的迅速增加，化肥发挥了巨大的增产作用，保证了在世界人口日益增加的同时，每人平均粮食数量不但没有下降，相反还有所提高。当然，由于社会制度的不同，在世界范围内，仍有相当一部分人挣扎在饥饿线上。

表1 世界谷物产量、化肥用量和每人平均粮食数量

年 份	人口 (亿)	谷物产量 (百万吨)	化肥用量 (百万吨)	每人粮食数量 (公斤)
1950	24.9	692	14.9	278
1955	27.1	825	22.0	304
1960	29.8	963	29.6	323
1965	32.9	1021	45.6	311
1970	36.3	1198	63.1	331
1975*	40.0	1383	99.4	347
1980*	44.6	1570	133.5	352

注：1975、1980年为联合国粮农组织推算资料。

综上所述，肥料是提高农业生产率的物质基础之一。合理施用化学肥料又是提高作物单产的一项有效技术措施。从我国的实际情况出发，在今后相当一段时间内，除了要尽可能扩大一些耕地面积外，农业增产途径仍将主要是靠提高作物单位面积产量。根据最近国家统计局发表的《关于 1981 年国民经济执行结果的公报》指出，1981 年我国化肥产量为 1,239 万吨（有效成分），其中氮肥 986 万吨，磷肥 251 万吨，钾肥 2 万吨。按耕地面积（15 亿亩）平均，每亩施用化肥量为 16.4 斤（有效成分），较之化肥工业发达的荷兰、新西兰、日本、西德和法国等国，差距还是相当大的。因此，我们应该清醒地认识到，在强调有机肥料的同时，积极发展化学肥

料工业和合理施用化学肥料，是实现农业现代化，高速度提高农业生产水平的一项具有战略性的重要内容。

第二节 大量元素肥料 及其施用

一、氮 肥

作物对氮素的需要量大而一般土壤供氮能力差，于是氮就成了作物营养“三要素”之一。因此，对于一般土壤和作物来说，增施氮肥都有显著的增产效果。农村中常用的氮肥品种很多，主要是由合成氨加工而成的。不同氮肥品种，它们的性质各异，施用上也有差别，按其含氮化合物的形态可分为以下四类：

(一) 铵态氮肥 铵态氮肥的氮呈带正电荷的铵离子(NH_4^+)态。主要品种有氨水、液氨等液体氮肥和碳酸氢铵、硫酸铵、氯化铵、硫酸铵钙等固体氮肥。根据我国化肥工业发展的历史情况，目前氮肥品种结构中，碳酸氢铵和氨水的产量，约占整个氮肥的60%以上，是我国目前主要的氮肥品种。

铵态氮肥的一个重要特性就是挥发性。对于化学性质不稳定的氨水和碳酸氢铵来说，这一点更为突出，即使化学性

质稳定的硫酸铵和氯化铵，如果施用不当也会引起氮的挥发损失，从而大大降低肥料的增产效果。铵态氮肥的这一特性无论在贮存、运输和施用上都应给予足够的重视。

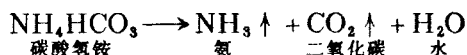
把合成氨导入水中或用水吸收合成氨系统中的氨即可得一定浓度的农用氨水。纯净的氨水是无色液体，炼焦厂副产氨水因含有杂质，常带有暗绿色或灰黑色。农用氨水的浓度一般为 15—17%。氨水有强烈的刺鼻臭味，呈碱性反应，pH 值为 10 左右，对铜、铝、铁器有很强的腐蚀性。氨水挥发性很强，一般氨浓度愈大、气温愈高、风速越大、与空气的接触面越大或暴露的时间越长，则肥料中氮的挥发损失就越多。因此，合理贮存和施用氨水的关键在于防止渗漏和氮的挥发。贮存过程中要求容器严密，施用时要求深施入土。

氨水在露天存放的过程中，由于氮的不断挥发，氨浓度越来越稀，此时，氨水的体积虽然变化不大，但肥料效果却大大降低了。据测定，农用氨水在 22—24℃ 时露天存放两天，氮的挥发损失竟高达 90%，几乎完全失效。这在贮存和施用上都特别要注意。

将二氧化碳通入 20% 的浓氨水中，再经结晶、分离等步骤即可得碳酸氢铵产品。产品为白色细粒结晶，易挥发和结块。为了克服这一缺点，提高利用率，不少化肥厂已采取相应措施，制成粒肥。碳酸氢铵含氮 (N) 17% 左右。易溶于水，呈碱性反应，pH 值为 8.2—8.4。碳酸氢铵不含副成分，适用于任何土壤和各种作物。

碳酸氢铵在自然状态下，容易吸潮分解，引起氮的挥发损失。产品含水量愈大，损失越多，气温越高，损失也越严

重。其化学反应式如下：



从上式可以看出，一分子碳酸氢铵在分解过程中产生氨、二氧化碳和水各一分子，几乎全部变成气体损失掉了。因此，当一袋未用完的碳酸氢铵敞口存放时，体积会逐渐变小，而肥料的含氮量往往变化不大。这一点与氨水的变化是不相同的。据河北省土壤肥料研究所测定，碳酸氢铵在不同温度下露天存放，其挥发损失量列入表 2。

表2 碳酸氢铵露天存放时温度与挥发损失量的关系

温度 (°C)	挥发损失量 (%)			
	1 天	5 天	10 天	15 天
20	8.9	48.1	74.1	77.3
32	19.0	67.9	93.7	97.7

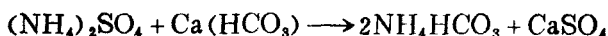
由于碳酸氢铵具有很强的挥发性，在贮运过程中要求严格防止破袋。在施用时要严格遵守“深施覆土”的施肥原则，以减少肥分损失，提高肥料利用率。

碳酸氢铵不含副成分，除供应作物氮素外，兼有二氧化碳的营养作用。一般宜做基肥或追肥，不宜做种肥施用，以免影响种子正常出苗。碳酸氢铵也不应与碱性肥料（如石灰、草木灰等）混合施用，否则容易引起氮素的挥发损失。

液氨是一种高浓度的液体氮肥，含氮（N）82%。液氨是将合成氨直接加压液化而成。它的沸点很低，具有很高的蒸气压（20°C时为 7.7 个大气压），在常温、常压中呈气体状态。因此，运输时必须有耐压槽车或耐压钢瓶，贮存时必须

用耐压容器。作基肥施用时，一般要求直接施到一定深度（15—20 厘米）的土层中，以免氨的挥发损失。使用这种肥料时，要特别小心，不要和肌肤接触，否则将会造成严重的冻伤。使用液氨的成本较固体氮肥低得多，施用得当效果也很好，但贮、运、施，都需要有特殊的器械，因此目前尚处于试验阶段。

硫酸铵和氯化铵可以分别用硫酸或盐酸中和合成氨而制成，但是它们也是炼焦工业或制碱工业的副产品。硫酸铵的分子式为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，含氮 (N) 20—21%。氯化铵的分子式为 NH_4Cl ，含氮 (N) 24—25%。纯品均为白色结晶，副产品因含有杂质，常带杂色。硫酸铵和氯化铵与氨水和碳酸氢铵不同，肥料本身的化学性质稳定，未施入土壤以前不易挥发分解，吸湿性弱，很少结块，物理性状良好。但在石灰土壤上如果表施硫酸铵或氯化铵，也会引起氨的挥发损失。因此，深施覆土的施肥原则，不仅适用于化学性质不稳定的氨水和碳酸氢铵，而且也适用于化学性质稳定的硫酸铵和氯化铵。这一点往往容易被人们所忽视。石灰性土壤多含碳酸钙 (CaCO_3) ，在土壤水分中含有碳酸氢钙 (CaHCO_3) ，当硫酸铵或氯化铵施于土表时，就立即与碳酸氢钙进行化学反应，形成碳酸氢铵，那就与碳酸氢铵表施一样，也会引起氨的挥发损失。其反应如下：



硫酸铵 碳酸氢钙 碳酸氢铵 硫酸钙



碳酸氢铵 氨 二氧化碳 水

铵态氮肥的另一个重要特性是移动性小。任何一种铵态氮肥施入土壤以后，为什么肥分不会淋失呢？这与土壤胶粒对铵离子的吸附作用有密切关系。因为土壤胶粒表面一般带负电荷，可以吸附带正电荷的各种阳离子。被土壤胶粒吸附的阳离子可以与肥料的铵离子进行代换，这样铵离子就被土壤胶粒所吸附而不致随水淋失，起着暂时保存养分的作用（图2）。

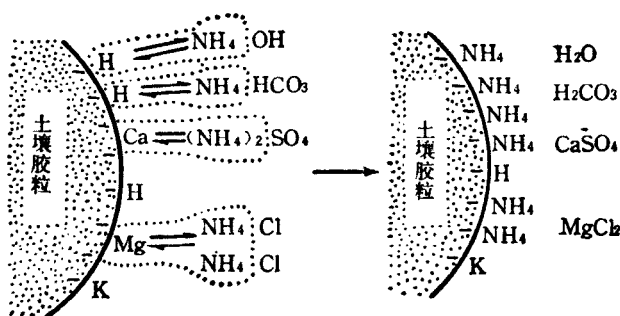


图2 土壤胶粒吸附铵态氮示意图

根据土壤胶粒对铵离子的吸附特性，决定了铵态氮肥在土壤中的移动性小，不致随水淋失。被土壤胶粒吸附的铵离子，当与作物根系接触时，又可与根系呼吸作用产生的氢离子 (H^+) 进行离子代换而被作物吸收利用（图3）。

铵态氮肥在土壤中转化的另一方面，就是在适宜的条件下，如通气良好，温度适宜 ($25-30^{\circ}C$)，水分为田间持水量的 $50-60\%$ ，pH 为中性至微碱性等，由于土壤微生物的作用，铵态氮进一步氧化为硝酸态氮。这一作用称为硝化作用。其反应如下：