

全国高等农业院校试用教材

农业化学

浙江农业大学主编

上海科学技术出版社

NONGYIEYUANXIAOSHIYONGJIAOCAI

全国高等农业院校试用教材

农 业 化 学

浙江农业大学 主编

上海科学技术出版社

全国高等农业院校试用教材

农 业 化 学

浙江农业大学 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 吴江伟业印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20.25 字数 479,000

1980年7月第1版 1985年4月第3次印刷

印数: 73,001—103,200

书号: 16119·674 定价: 2.55 元

主 编 孙 羲

副 主 编 王 方 维

编 者

浙江农业大学	孙 羲	马国瑞	林荣新	
沈阳农学院	王方维	郭鹏程	刘永菁	邱忠祥
南京农学院	张耀栋			
北京农业大学	陈伦寿	尹崇仁	韩琅丰	
福建农学院	陈克文			
华南农学院	黎秀彬			
西南农学院	杨邦俊			
湖南农学院	周兆德			
安徽农学院	竺伟民			
山东农学院	黎文文	王文祥	曹会漳	焦志勇
山西农学院	王申贵			
西北农学院	李生秀			

前 言

本书是在农业部领导下进行编写的。参加编写的学校有浙江农业大学、沈阳农学院、南京农学院、北京农业大学、华南农学院、福建农学院、西南农学院、山东农学院、湖南农学院、安徽农学院、西北农学院和山西农学院共十二所农业院校。原先计划是分南北两本编写，并拟定了教学大纲和编写分工，后因南北两本的内容基本相似，农业部于1978年初在北京召开的有关教材会议上，经讨论协商，决定合并编写一本。同年9月在合肥召开南方本、北方本教材汇编会议，重新拟定教学大纲，并推定汇编人选。至1979年2月在南宁召开有三十二所农业院校参加的编审会，还邀请了中国科学院土壤研究所参加编审。会议中提出了很多宝贵意见。当年5月又在杭州召开了定稿会，由浙江农业大学、沈阳农学院、南京农学院和北京农业大学四校参加修订。

全书除绪论外，共分十七章。第一章着重阐述植物营养与施肥的理论，第二至十五章分别介绍各种肥料的营养作用，以及肥料的成分、性质和在土壤中的转化及其施用方法与效果，第十六章叙述肥料的贮存和混合，第十七章介绍肥料的合理分配与施用。因为原先分南北本，所以各章的编写除个别章节外，均由二人担任。绪论由孙羲、王方维编写；植物营养与施肥的理论由孙羲、尹崇仁编写；氮肥由郭鹏程、陈克文编写；磷肥由张耀栋、王文祥、曹会漳编写；钾肥由竺伟民编写；微量元素肥料由竺伟民、韩琅丰编写；复合肥料由张耀栋、韩琅丰编写并由尹崇仁汇总；钙、镁、硫等肥料由陈克文编写；绿肥由黎秀彬、张耀栋、李生秀编写；家畜粪尿和厩肥由周兆德、邱忠祥编写；人粪尿由黎文文、焦志勇、周兆德编写；堆、沤肥等由王申贵、杨邦俊编写；泥炭及腐殖酸类肥料由杨邦俊编写；泥杂肥由郭鹏程、黎秀彬编写，由王方维汇总；“三废”的农业利用与环境保护由马国瑞、刘永菁编写；菌肥由王方维、林荣新编写；肥料的贮存和混合由林荣新编写；肥料的合理分配与施用由陈伦寿、马国瑞编写。然后将各章初稿按照取长补短的原则由第一人进行汇编。通过南宁教材编审会，对汇编稿又提出了很多宝贵意见，各章汇编人再根据意见进行认真的研究与修订。修订分两部分进行，第一部分绪论、植物营养与施肥的理论、无机肥料各章和肥料的合理分配与施用由孙羲负责，其中钾肥和微量元素肥料由张耀栋负责；第二部分有机肥料各章和“三废”的农业利用与环境保护由王方维、郭鹏程负责，其中泥杂肥和菌肥由陈伦寿修改，然后由王方维再进行一次修订。最后由孙羲作总的修订补充，然后定稿。

本书在审编过程中得到中国科学院南京土壤研究所鲁如坤、廖先岭、蒋柏藩、谢建昌、何电元、蔡大同、莫淑勋、邵杰传、环保研究室和微生物研究室的审阅，还得到中国农科院土壤肥料研究所梁德印、浙江农科院程学达、浙江农业大学游修龄、杨玉爱、沈阳农学院姚归耕、云南农学院黄础平、安徽农学院陈自在以及全国三十二所农业院校农业化学教师参加审阅，提出很多宝贵意见。沈阳农学院金耀青为本书绘制了部分插图，对此一并致谢。

本书编写工作始终是在浙江农业大学和沈阳农学院党委领导下进行的。同时广西农学院和安徽农学院在工作中给予大力支持和热情帮助，表示十分感谢。

本书正文分大小字两种，凡属于比较次要的内容，或者目前还不甚普遍使用的肥料，都

用小字排印,可由同学自学。由于各地气候、土壤、肥料种类不同,采用这本教材时可按照各地区的特点增减内容,如华北及西北地区的学校可精简钙、镁、硫肥以及部分水生绿肥和沤肥等。

由于农业化学内容广泛,而编者学识有限,内容难免有错误和不妥之处,热忱地希望采用这本教材的老师 and 同学多多提出意见,以便再版时修订。

《农业化学》教材编写组

1979年7月1日

目 录

前言

绪论	1
第一节 农业化学的目的和任务	1
第二节 农业化学的发展概况	2
第三节 农业化学的内容和研究方法	7
第一章 植物营养与施肥的理论	10
第一节 植物的营养成分	10
第二节 植物对养料的吸收	12
一、生物膜	12
二、根部对无机态养料的吸收	13
三、根部对有机态养料的吸收	21
四、叶部吸收(根外营养)	23
第三节 影响植物吸收养料的外界环境条件	23
第四节 作物营养与施肥	27
一、作物营养成分	27
二、作物各生育期的营养特性	29
三、作物根的特性	30
四、根际和根内微生物与作物营养的关系	36
第五节 气候条件与施肥	38
第六节 土壤肥力与施肥	40
一、我国主要农业土壤的养分含量	40
二、土壤的保肥性和供肥性	41
三、土壤氧化还原性	46
四、土壤反应	48
第七节 栽培技术与施肥	50
一、改制与施肥	50
二、土壤耕作与施肥	51
三、密植方式与施肥	51
四、水浆管理与施肥	52
五、病虫害防治与施肥	53
第二章 氮肥	55
第一节 植物氮的营养作用	55
第二节 土壤中氮素含量、形态及其转化	62
第三节 氮肥的种类、性质和施用	67
一、铵态氮肥	67
二、硝态氮肥	73

三、酰胺态氮肥	75
四、长效氮肥	79
第四节 氮肥的合理分配与施用	80
第三章 磷肥	84
第一节 磷的营养作用	84
第二节 土壤中磷的含量、形态和转化	89
第三节 磷肥的种类、性质和施用	93
一、磷矿粉	93
二、过磷酸钙和重过磷酸钙	98
三、钙镁磷肥	103
四、其他磷肥	104
第四节 磷肥的有效施用	106
第四章 钾肥	112
第一节 钾的营养作用	112
第二节 土壤中钾的形态和转化	118
第三节 钾肥的种类、性质和施用	121
一、氯化钾	121
二、硫酸钾	122
三、草木灰	123
四、钾镁肥	124
第四节 钾肥的合理施用	124
第五章 微量元素肥料	130
第一节 微量元素的营养作用	130
第二节 土壤中微量元素的含量、形态和转化	134
第三节 作物缺少微量元素的症状和诊断方法	139
第四节 微量元素肥料的种类、性质和施用	141
第六章 复合肥料	146
第一节 复合肥料的意义及其发展动向	146
第二节 复合肥料的种类和施用	148
一、二元复合肥料	148
二、三元复合肥料	151
三、其他复合肥料	152
第七章 钙、镁、硫肥与农用食盐	153
第一节 钙肥	153
第二节 镁肥	161
第三节 硫肥	163
第四节 农用食盐	168
第八章 家畜粪尿和厩肥	171
第一节 家畜粪尿	171
一、家畜粪尿的成分和性质	171

二、家畜粪尿的贮存	174
第二节 厩肥	175
一、厩肥的成分与性质	175
二、厩肥的积制	175
三、堆积过程中的变化	177
第三节 家畜粪尿和厩肥的施用及其效果	181
第九章 堆肥、沤肥及沼气池肥	186
第一节 堆肥	186
第二节 沤肥	191
第三节 秸秆还田	193
第四节 沼气池肥	195
第十章 人粪尿	200
第一节 人粪尿的成分和性质	200
第二节 人粪尿的合理贮存	201
第三节 人粪尿的合理施用	205
第十一章 绿肥	207
第一节 绿肥在农业生产中的作用	207
第二节 生物固氮的意义及其机制	209
第三节 绿肥作物的种类及其栽培要点	214
一、绿肥作物的栽培方式	214
二、主要绿肥作物的栽培要点	215
第四节 绿肥的利用	232
第十二章 泥炭及腐殖酸类肥料	239
第一节 泥炭	239
第二节 腐殖酸类肥料	242
一、腐殖酸的来源和性质	242
二、腐殖酸类肥料的制造	242
三、腐肥的作用和有效施用的条件	245
第十三章 泥杂肥	249
第一节 泥土肥	249
第二节 禽粪和蚕沙	253
第三节 饼肥	255
第四节 海肥	257
第十四章 “三废”的农业利用与环境保护	260
第一节 废水	260
一、废水的种类和性质	260
二、污水灌溉农田的水质标准及污水处理	261
三、污水及污泥的利用	263
第二节 废渣	266
第三节 废气	268

第十五章 菌肥	271
第一节 根瘤菌肥料	271
第二节 磷细菌与钾细菌肥料	278
一、磷细菌肥料	278
二、钾细菌肥料	278
第三节 “5406”抗生素肥料	279
第十六章 肥料的贮存和混合	282
第一节 肥料的贮存与保管	282
第二节 肥料的混合	285
一、矿质肥料的混合	286
二、有机肥料和矿质肥料的混合	288
三、混合肥料的配制方法	288
四、肥料与农药的混合	289
第十七章 肥料的合理分配与施用	292
第一节 轮作(复种)制度中肥料的合理分配原则	292
第二节 作物计划施肥量的估算	296
第三节 主要作物的施肥概述	299
一、大田作物的施肥特点	299
二、蔬菜作物的施肥特点	305
三、果树的施肥特点	307
第四节 施肥现代化	309
本书主要参考资料	313

绪 论

第一节 农业化学的目的和任务

肥料在农业生产中的作用 肥料是植物的粮食,是提高农业生产的物质基础之一。合理施用有机肥料和化学肥料,对于提高单位面积产量和不断提高土壤肥力起着重要的作用。因为肥料不仅能营养植物,促进植物新陈代谢;而且还能调节土壤反应,改善土壤结构,协调土壤中水、肥、气、热条件,提高土壤肥力,有利于作物生长发育,故能不断地提高农业生产。建国以来,我国农业生产的提高与增施肥料以及扩大施肥面积是密切相关的。那里肥料用得,用得合理,那里增产幅度就大。世界各国农业生产与肥料用量也有一定的相关性。根据统计资料,近二十多年来世界粮食产量增加将近一倍,化学肥料对增产的效果估计约占30~60%。据联合国粮农组织统计认为:由于世界各国化肥用量的逐年增加和施肥技术的改进,从而粮食产量获得显著增高(见下表)。

世界谷物产量、化肥用量和每人平均粮食数量表

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

由此可见,肥料用量的增加和施肥技术的改进,对于提高农业生产起了很大的作用。

农业化学的目的和任务 农业化学是研究植物营养与施肥的科学。因为施肥的目的是为了营养植物,而植物营养又是指导施肥的理论依据。但是植物生长发育与它的外界环境条件是分不开的。因此施肥不仅要根据植物营养的理论和作物营养的特点,而且还要考虑到外界环境条件,包括气候、土壤、肥料、水利以及栽培技术等因素,把它们联系起来,当作一个整体,使用近代科学技术来研究合理施肥的理论和技術,以发挥肥料增产的最大效益。比如我国劳动人民在长期生产实践中,运用“以水调肥”以及“看天、看地、看庄稼”的施肥经验,都是综合运用科学种田的结果,而这些结果又须采用近代科学加以总结与提高。如采用自动化分析仪器,测定土壤肥力;使用电子探针,进行作物营养诊断;应用示踪元素,研究肥

* 1975 和 1980 年资料系联合国粮农组织推算的。

料效果;有的国家已在尝试把各种土壤肥力因素的参数,通过电子计算机的运算,求出最佳施肥量等等。由于农业化学是研究农业化学化^①的一门主要学科,而农业化学化又是实现农业现代化必不可少的内容。所以有不少国家如日本等国实现农业现代化,就是从发展化肥开始的,以后再发展农药、除草剂,集中解决肥料的合理分配、施用以及病、虫、草害等问题,不仅能提高作物单位面积产量,而且还能大大提高劳动生产率。

总之,农业化学是以植物营养作为理论基础,使用近代的科学技术研究肥料在提高土壤肥力和作物产量、品质中的作用,以不断地提高农业生产。从认识农业生产中营养物质的循环,进而控制这个循环,定向地提高农业生产,为我国农业现代化服务。这就是学习和研究农业化学的目的和任务。

第二节 农业化学的发展概况

农业化学知识的萌芽 我国农业历史悠久,劳动人民在农业生产实践中积累了极其丰富的施肥经验。这些经验的长期积累,形成了我国农业特有的用地与养地相结合的优良传统,使几千年来的土壤肥力保持不衰。这是世界农业史中罕见的成就。

早在西周时期(公元前十一世纪至八世纪)在《诗经·周颂·良耜》的诗篇中即有:“以薅荼蓼,荼蓼朽止,黍稷茂止”的歌咏。说明那时的人民已经认识到拔除的田间杂草,在烂朽以后,有促进黍稷生长的效果。到汉朝的《礼记·月令》(公元前二世纪)中提出:“季夏之月……是月也,土润溽暑,大雨时行,烧薤行水,利以杀草,如以热汤,可以粪田畴,可以美土疆。”明确指出,利用夏季高温,促使杂草腐烂,提高土壤肥力。但这都还停留在利用天然肥料的阶段。

至于人工栽培绿肥专供肥田之用的经验,最早见于西晋(公元三世纪)郭义恭的《广志》。该书指出,水稻于秋冬收割后,播种苕子,于第二年春翻耕,作谷子(小米)田的肥料,“可以美田”。到了北魏(公元六世纪)贾思勰著《齐民要术》中记载绿肥种植法和以豆科作物同禾本科作物轮作的方法等相当详细。如《耕田第一》中提到:“凡美田之法,绿豆为上,小豆、胡麻次之。悉皆五、六月中穰种,七月八月犁耨杀之。为春谷田,则亩收十石,其美与蚕矢熟粪同。”

在施肥技术上分基肥和追肥,早在西汉的《汜胜之书》中(公元前二世纪)已有详细叙述,主要应用于“区田法”中。这是一种小面积的高产试验。不论那种作物的区种,都强调施足基肥,然后再看情况补施追肥。

在我国古代还有一种“溲种法”,是用牛、马、羊骨汁或蚕矢汁,煮成浆状,用来浸种,说可以使幼苗壮健,并免病虫害。好似近代的种肥(见《汜胜之书》)。

堆肥的制作,最早见于《齐民要术》的《杂说》篇,称之为“踏粪法”:“凡人家秋收后,治粮场上所有穰、谷、穢等,并须收贮一处。每日布牛脚下三寸厚;每平旦收聚堆积之,还依前布之,经宿即堆聚。计经冬,一具牛踏成三十车粪。至十二月正月之间,即载粪粪地……。”因《杂说》是后人补入《齐民要术》的,时间估计在唐时(公元八世纪左右)。

唐朝的韩鄂撰有《四时纂要》,其中记载使用种肥和基肥的作用,包括果蔬药材共计三十种以上。随着唐宋以后,长江流域水稻的发展,反映在施肥上的经验也更加丰富。南宋陈

^① 孙毓、屈天祥: 1964, 国内外农业化学化概况和趋向, 浙江省科技情报处。

敷的《农书》(1149年)中提到制造火粪(即焦泥灰)的技术,堆肥发酵技术和提倡造粪屋制肥,沤池积肥等措施,并引证当时的农谚,把施肥比作“粪药”,说用粪尤如用药。强调合理施肥的重要性;提出了土壤不是愈种愈瘠,而是可以常新壮的原则。这同西方所谓“地力递减论”成了鲜明对照。这是难能可贵的。到元代,王祯《农书》中,首次提到用水草、浮萍沤肥的经验。至明代,徐光启的《农政全书》中,提到柴草灰可使甘薯丰产的经验。施肥的经验愈到近代,所记述的也较深入。如明末的《沈氏农书》介绍了水稻看苗施肥的经验:“下接力须在处暑后苗做胎时(指单季晚稻),在苗色正黄之时。如苗色不黄,断不可下接力;到底不黄,到底不可下也。……切不可未黄先下,致好苗而无好稻”。水稻在处暑后孕穗时,如苗色黄,须追施氮肥,这就是现在所谓的粒肥,能促使谷粒饱满,增加产量。清,杨岫的《知本提纲》在施肥方法上讲究与耕、灌相结合,并指出,施肥要注意“时宜”、“土宜”和“物宜”。所谓“时宜”就是“寒热不同,各应其候”。例如春季宜用人粪尿和牲畜粪,夏季宜用草粪、泥粪和苗粪(草粪、苗粪都是绿肥,泥粪是肥泥和大粪合用),秋冬用火粪等。所谓“土宜”就是“随土用粪,如因病下药”。例如阴湿地要用火粪,砂土要用草粪和泥粪,高燥地要用猪粪之类。所谓“物宜”是因为“物性不齐”,所以“当随时情”。例如种麦、粟要用黑豆粪和苗粪,种瓜、菜用人粪之类。实际上就是看天(季节)、看地(土壤)、看苗(作物种类)施肥。由此可见,我国历史上劳动人民对于肥料的施用具有丰富的经验。在施肥的理论和实践上都具有独特的创造。如地力常新论,三宜施肥(时宜、土宜、物宜)的概念,把施肥当作用药一样讲究,并提出水稻看苗施肥的具体指标。在方法上采用施肥与耕作、灌溉三结合,真是丰富多采。

在欧洲直到十一世纪,法国和德国中部才开始施肥,英国到十三世纪农田施肥还很不普遍,这种情况到十八世纪还没有多大改变。就这门科学历史发展来看,当时我国劳动人民创造最多,处于领先地位。但是后来由于社会、政治的原因,科学的发展停滞不前;一直到解放后,才得到了新生。

农业化学的建立 十八世纪末十九世纪初,在西欧流行着所谓腐殖质营养学说。这个学说是德国泰伊尔(A. D. Thaer, 1752~1828)首创。所谓腐殖质营养学说包括两方面内容:一方面认为腐殖质是决定土壤肥力的主要因素,另一方面又认为腐殖质是土壤中唯一可作为植物营养的物质。所以这个学说包括了农业实践上关于腐殖质对于土壤肥力有重大意义的观察,同时也包括了不正确的形而上学的概念,即认为腐殖质是土壤中可作为植物营养的唯一物质。这个学说虽然在欧洲曾风行一时,但是,当时有很多学者反对这种见解,并以科学实验批驳了腐殖质营养的错误学说。

法国学者布森高(J. V. D. Boussingault, 1802~1887)用田间试验和化学分析进行了一系列关于农业中物质循环的研究,特别重视各种轮作制中各个作物的产量和成分分析。据试验结果指出,收获物中碳素的累积与厩肥中碳素的含量并无直接关系,认为植物碳素的来源是取自空气中二氧化碳。嗣后继续研究各种轮作制中氮素平衡问题,并指出:轮作中如有豆科植物,则收获中的总氮量常常超出肥料中的氮素;轮作中豆科植物所占面积愈大,则超出氮量亦愈多。由此可见,在田间条件下栽培豆科植物能丰富土中氮素,转而供给后作利用。比如试验中三叶草收割后的小麦产量,就比马铃薯及块根类作物收获后的小麦产量高。当时布森高就认为所超出的氮素是植物从空气中获得的。虽然试验结果已经指出,豆科植物有固氮的能力,可是当时对于细菌学还没有正确的概念,因此对于豆科植物的固氮作用未能进一步研究。一直到1866年德国学者赫锐格(H. Hellriegel)研究根瘤菌,才找到固氮作

用的合理解释。

布森高的研究工作不仅反驳了当时流行的腐殖质营养学说,而且还发展了氮素营养学说。这个学说对于氮肥在农业生产上的作用以及栽培豆科绿肥作物提高后作产量,都起了很大的作用。

德国学者李比希(J. V. Liebig, 1803—1873)于1840年发表了“化学在农业和植物生理学上应用”一书,首先反对腐殖质营养学说,并认为植物碳的来源不是来自腐殖质,而是取自空气。至于腐殖质之所以是植物的养分,不是在于腐殖质能被植物吸收利用,而是在于它分解时不断地供给 CO_2 ,因而腐殖质不是植物生长所必须的营养物质。李比希在批驳了腐殖质营养学说以后,又强调了矿物质的营养作用,并肯定地指出:土壤中矿物质是一切绿色植物唯一的养料,厩肥及其他有机肥料对于植物生长所起的作用,并不是由于其中所含的有机质,而是由于这些有机质在分解时所形成的矿物质。这种观点在当时即称为“植物矿物质营养学说”。这个学说在发展植物营养与指导施肥方面都起了积极的作用,同时也促进了当时肥料工业的兴起,对于工农业生产都起到促进作用。

李比希还指出,由于不断地栽培作物,土壤中矿物质势必引起损耗,如果不把作物由土壤中所摄取的那些矿物质归还给土壤,那么到最后土壤会变得十分瘠薄,甚至寸草不生。要想完全避免土壤的这种损耗是不可能的,但是恢复土中所损耗的物质是可能的,办法就是施用矿物质肥料,使土壤的损耗和营养物质的归还之间保持着一定的平衡。李比希这一论断,在科学上称为“归还学说”。这个学说对于如何恢复土壤肥力和提高农业生产均起了积极的作用。

李比希在矿质营养学说和归还学说提出后,又创出“最小养分律”。在各种生长因子中,如有一个生长因子含量最少,其他生长因子即或丰富,也难以提高作物产量。就是说,作物产量是受最小养分所支配。

马克思对于李比希的科学研究给予很高的评价。马克思^①说:“资本主义农业的任何进步,都不仅是掠夺劳动者的技巧的进步,而且是掠夺土地的技巧的进步,在一定时期内提高土地肥力的任何进步,同时也是破坏土地肥力持久源泉的进步。一个国家,例如北美合众国越是以大工业作为自己发展的起点,这个破坏过程就越迅速。”马克思认为李比希的不朽功绩之一,是从自然科学观点出发阐明现代农业的消极方面。关于李比希的“归还学说”,马克思、恩格斯^②给予更高的评价,并指出:“消灭城乡对立并不是空想,正如消除资本家与雇佣工人间的对立不是空想一样。消灭这种对立日益成为工业生产和农业生产的实际要求。李比希在他论农业化学的著作中比任何人都更坚决地要求这样做,他在这些著作中的第一个要求总是要人把取自土地的东西还给土地,并证明说城市特别是大城市的存在阻碍了这一点的实现。”

总之,李比希的工作对发展农业化学是起了巨大作用的。如果把李比希的矿质营养学说和布森高的氮素营养学说结合起来,可以说是建立农业化学的基础。

李比希的科研成果是巨大的,是不可否认的。但从辩证的观点来看,“最小养分律”的优点是抓住主要矛盾进行施肥,但却把各个生长因子孤立起来,认为彼此没有联系。这是不全面的。生产实践证明,植物各个生长因子是同等重要的,但并非孤立,而是互有联系的。比

^① 马克思:《资本论》,第一卷,552~553页,人民出版社,1975。

^② 马克思恩格斯选集,第二卷,542页,人民出版社,1972。

如氮、磷常有协助作用。氮不足,影响磷的吸收;磷不足,影响氮的同化。它们之间互有影响,并非孤立。虽然,李比希非常重视矿质营养的重要性,但他却把有机肥料在提高农业生产的综合作用单纯地看作是由于有机质在土中分解形成的矿物质的作用。这是很片面的。我国农民千百年来生产经验证明,有机肥料对于提高农业生产的作用很大。农谚说得好,“地凭粪养,苗凭粪长”,“猪肥苗壮,猪瘦苗枯”等等。这些都是群众对有机肥料在提高农业生产综合作用上的总结。由此可见,提高农业生产不单单是把矿质肥料归还给土壤,而是把有机肥料和矿质肥料,结合耕作灌溉合理使用。

苏联农业化学是在西欧农业化学的基础上建立起来的,并逐渐形成了一门生理路线的农业化学。

苏联学者普良尼施尼柯夫(Д. Н. Прянищников, 1865~1948),根据生物与环境统一观点,将土壤、肥料与植物三者联系起来,研究它们相互间的关系,进而以施肥来调节营养物质在植物体内和土壤内所起的作用,以改善植物生育的内在和外界条件,达到提高作物产量和品质的目的。他首先研究植物体内氮的代谢以及氨态氮和硝态氮的营养作用,提出硝酸铵是苏联未来的肥料。这一预言,以后完全被证实。在磷肥方面,他和他的学生们研究难溶性磷灰土在土壤中变化的规律,并指出,在酸性土中,肥料中的磷可借土壤中的酸来溶解,使其转变为植物可利用的形态;而在非酸性土壤中,则可栽培吸收磷能力强的作物,如羽扇豆、荞麦、芥菜、豌豆等。这些研究在指导农业生产上都有很大的意义。此外,他还很重视田间试验。在苏联各种土壤和气候条件下,广泛地布置了3000多个肥料田间试验,为检定苏联的土壤肥力和化肥的合理分配提供很有价值的科学资料。

普良尼施尼柯夫主要贡献是把作物、土壤、肥料结合起来,把作物的营养生理和外界环境条件结合起来,研究合理施肥的原理和技术措施。由于作物生长的环境条件不仅限于土壤、肥料,气候、水利、栽培技术、病虫害等也都与施肥有关。因此研究肥料必须把作物和外界各种环境因素结合起来,研究它们相互间的关系,就更为全面。

解放后 我国农业化学的发展 我国农业科学在解放前,由于长期封建统治,科学停滞不前。到了二十世纪初,西欧学术思想传入我国,在当时国内也有一些零星的研究工作。比如在土壤肥力检定方面,前中农所曾在14个省布置了156个三要素肥料试验*,同时土壤研究所曾分析我国主要土壤中有机质和有效磷钾含量。结果指出,我国土壤普遍缺乏氮素,磷酸次之,钾的含量除个别地区外,一般都比较丰富^{①②}。虽然田间试验和化学分析并非同时同地进行,但总的趋向是一致的。在植物营养研究方面以罗宗洛工作最多,他对于硝态氮和氨态氮的营养问题,曾作过详细研究,微量元素也有不少试验。此外,各省科研单位在绿肥调查和引种工作方面,也累积了一些有用的资料。但是这些科研成果在解放前是不可能得到重视的,更谈不上应用到农业生产中去。

解放后,党指出,科学研究必须为无产阶级政治服务,为生产服务;科学研究必须建立在辩证唯物主义的观点上。由于党对科学的关怀,在解放后农业化学有了较大的发展。比如1958年全国开展群众性土壤普查鉴定运动。通过普查,初步总结了我国农民在长期生产斗争中所积累的有关土壤方面的丰富经验,探明了各种土壤的土壤肥力,为合理种植、按土施

* 三要素肥料试验,指 N. P. K. 肥料试验。

① 张乃凤:1941,肥力的测定,土壤季刊,2:(1)。

② 于天仁等:1950,中国土地几种植物养分的初步研究,土壤杂志,1:(2)。

肥提供初步的科学依据。

在土壤肥力检定方面,各地农业科学研究所在全省进行多点三要素肥料试验。1958年,中国农业科学院土壤肥料研究所^①在全国主要土区又进行了150个左右的试验点,表明试验地区的土壤大约有80%是缺氮,50%左右缺磷,30%左右缺钾。以后各省在各种土壤上又进行了三要素和肥料品种肥效试验,这些资料对于我国发展化肥,具有一定的参考价值。

在氮肥试验中,很多资料指出,水稻宜用氨态氮肥,其肥效都超过硝态氮肥。据前华东农业科学研究所试验表明^②,水稻不但要用氨态氮肥,还要深施,施到还原层中,则可提高其肥效。近年来各地都在推广化肥深施,增产效果很好。由于我国各地使用碳铵比较普遍,为了减少碳铵的挥发,已制成碳铵粒肥和深施器具,更好地提高氮肥肥效,并向施肥机械化发展。

在磷肥方面,中国科学院南京土壤研究所李庆逵等研究了磷矿粉在酸性红壤中的使用,同时还研究了各种植物对于磷矿粉的吸收强度。试验结果指出:对磷矿粉的利用率,以萝卜菜、油菜、荞麦、苕子最强,猪屎豆、田菁、胡枝子、甘薯、豆类次之,禾本科作物如小麦、黑麦、燕麦以及三叶草等最弱。可以采取适当的轮作,如通过以吸收性较强的绿肥作物来增进后作水稻、小麦、玉米等作物对磷的利用。根外追施磷肥,1950年彭谦在苏南地区,以少量过磷酸钙喷施,对于稻、麦、棉都有一定的增产效果。

在农家肥料方面,首先是总结了群众施用猪栏粪的经验,并指出,任何土壤凡多施猪栏粪的都能提高土壤肥力,可使死土变活土、活土变油土。研究结果指出,猪栏粪中不仅含有较多的有机质和各种养料,而且其阳离子交换量也较高,对于提高土壤保水、保肥性能有较好的作用。

在种植绿肥作物方面,不但扩大了面积,而且还肯定了各地绿肥作物的适应区。如西北地区麦田以草木樨,棉田以光叶苕子为宜。长江流域和南方各省适应品种较多,冬季绿肥有紫云英、苕子、黄花苜蓿、蚕豆、豌豆、萝卜菜,夏季绿肥有田菁、饭豆、猪屎豆、桤麻等。适于酸性红壤地区的有猪屎豆、毛蔓豆、饭豆等;适于盐碱地的有田菁、苦豆、紫穗槐、大米草等。这些成果和总结资料,对于指导推广绿肥和改良红壤、盐碱土起了一定的作用。近年来又利用自然水面和稻田间隙水面,发展了“三水一萍”,即水浮莲、水花生、水葫芦和绿萍,并北移到河北、辽宁等地。此外,对豆科绿肥作物栽培还总结了一套以小肥养大肥,以磷增氮,增施磷、钾肥的增产经验。

为了提高土壤肥力,增加土壤保肥、供肥性能,群众创造出一种有机化肥——腐殖酸类肥料。它含有大量有机质和一些速效养分,兼有农家肥料和化肥两方面的特性。它既能保肥,又能供肥;既能改土,又能养地,是有发展前途的一种有机化肥。

细菌肥料是在解放后才开始应用。已选出大豆、花生、紫云英等有效根瘤菌剂以及抗生素剂,并已在全国各地推广应用。还选出有效的固氮菌、磷细菌、钾细菌,这些菌肥都在试用中。

随着工业的发展,废水、废气、废渣逐渐增多。“三废”采取综合利用,就能化害为利,变“废”为“宝”。例如造纸工业废水制成氨化纸浆黑液肥料,制造硼砂的硼渣直接用于改良酸性土壤等,既充分利用了资源,又能减少环境污染。

① 中国农业科学院土壤肥料研究所:1959、1958年全国肥料试验网试验总结(初稿)。

② 华东农业科学研究所土壤系:1958,氨态氮和硝态氮肥在水田的肥效及施用方法的研究,华东农业科学通讯,(6)。

在作物施肥方面,我国农民创造更多。如分层施肥、肥土相融的有机肥料基肥施用法以及看天、看地、看庄稼的施肥经验,并进行了总结和分析。前中国农业科学院江苏分院、中国科学院土壤研究所等单位还与劳模陈永康集体研究了单季晚稻“三黄三黑”的施肥措施及其理论依据。研究水稻各生育期的长势、长相和叶色的变化,并根据水稻生长的阶段性和连续性,以土、肥、水相互为用的有机联系,来调节土壤营养的环境条件,进而控制水稻体内碳、氮代谢的协调,使群体获得有益的发展,获得高产。近年来,有些单位对春花田早稻施肥,在插足基本苗,靠插不靠发的前提下,改“前促、中控”为“前稳、中攻”,取得了省肥高产的优良效果。此外,大小麦、棉花、油菜、大豆等作物的营养与施肥,都进行了大量试验,微量元素肥料也进行了研究。例如:水稻施用锌肥,油菜施用硼肥防治“花而不实”,以及大豆、紫云英等豆科作物施用少量钼肥,提高固氮效能和产量,都有显著成效。植物营养诊断近十多年来各地都作了不少工作。从植株形态到化学分析,以及从生理生化方面的诊断研究中,提出了一些有生产意义的诊断指标,为合理施肥提供依据。

新技术如放射性同位素、离子电极、气相层析、原子吸收光谱仪、质谱仪等都已应用于农业化学的科学研究中。

综上所述,可见我国农业化学在解放后取得了较大成绩。但是和世界先进水平比较,还有很大差距。我国化肥用量少,以单元化肥为主,养分含量除尿素和少数复合肥料外,都较低。现在化肥向着高效化、复合化、液体化、长缓化、专一化方向发展。液氨含氮 99.9%,折合含氮 82.3%,是浓度最高的氮肥。复合肥料发展很快,如聚磷酸铵含氮、磷($N+P_2O_5$)可达 75%,聚磷酸钾含有磷钾达 99%,而且很多复合肥料也制成液体肥料或悬浮肥料,其中混有微量元素或农药等。长缓肥料肥效长,不易流失,适合于果树和观赏植物施用。专一性肥料如日本生产“NPC”肥料,供水稻追肥具有速效和缓效两方面特性。西德制有“普兰托赞 4D”肥料,专用于果树蔬菜苗床作底肥。此外喷灌、滴灌结合施肥喷药已采用电子仪表,定时定量使用,不仅省工、省水、省肥,而且可防止土壤盐渍化。蔬菜瓜果逐步推广塑料大棚栽培或塑料覆盖栽培,使用 CO_2 肥料,生长期短,产量高。做到施肥机械化,运肥管道化,除草化学化,水肥喷灌仪表化,育秧工厂化^①。由于科学的发展,促进了生产的发展,如日本 1977 年全国稻米产量平均每亩达 796 斤,为世界单产最高的一个国家。我们应该以“洋为中用”的原则学习国外成功的经验,引进先进的技术,为实现我国农业现代化作出努力。

第三节 农业化学的内容和研究方法

农业化学的内容 农业化学是研究植物营养与施肥的科学,同时也包括肥料方面的全部内容。总的来讲,它包括如下三方面:

1. 植物营养 植物营养是施肥的理论依据,也是这门科学的主要内容。由于植物和外界环境是分不开的,因此施肥不仅要考虑植物营养的特性,而且还要考虑环境条件,特别是气候、土壤等条件。因为气候和土壤都能影响植物的生长及肥料的效果,所以施肥要看天、看地、看苗。要把农民的这种看天、看地、看苗的施肥经验加以科学分析,作为指导施肥的理论根据。此外,土、肥、苗三者互有影响,研究它们之间的相互关系,使肥料不但能肥苗,而且

^① 浙江省科学技术协会、浙江农业大学编:1979,农业现代化科普讲座,肥料现代化。