

高等农林学校教学参考书

农 業 化 学

孙 羲 著

高等教育出版社

高等农林学校教学参考書



农 業 化 学

孙 羲 著

高 等 教 育 出 版 社



本書系根据 1955 年高等教育部頒布的農業化学教学大綱編写而成。全書內容除緒論外 分三个部分(共十二章): 1. 植物营养、土壤性質和施肥的关系, 2. 各种肥料的成分、性質、施用和效果, 3. 施肥制的基本原則和化学研究法。可供 50 学时講授。

本書可作为农学院农学系、园艺系和蚕桑系二年級学生的教科書。如适当减少內容, 也可作植物保护系二年級学生的教科書。此外还可供土壤农化系和师范学院化学系教学参考之用。

农 業 化 学

孙 義 著

高等教育出版社出版 北京琉璃廠 170 号

(北京市書刊出版營業許可証出字第 054 号)

京华印書局印刷 新华書店总經售

統一書号 16010·112 開本 850×1168 1/32 印張 12 2/16 字數 23,000 印數 0001—4,500
1957 年 12 月第 1 版 1957 年 12 月北京第 1 次印刷 定價 (10) ¥ 1.80

序

本書初稿是1953年第二学期作者为浙江农学院农学系講授農業化学时編写的講义。以后曾修訂一次。1955年夏高等教育部頒布了農業化学教学大綱后,又根据新的大綱,重新修改,并增添教材,写成此書。

本書是以苏联普里亞尼施尼柯夫(Д.Н.Прянишников)院士的農業化学的观点为基础,并适当的選擇国内外有关方面的研究結果和农民生产經驗,結合我国土壤性質和農業情况編写而成。作者認為無論是講授或學習農業化学,必須貫徹理論結合实践这个正确的原則。因为農業化学主要是研究植物营养和施肥的科学,植物营养的理論是指导施肥的科学根据;而施肥的目的是为了营养植物。因此开始講授植物营养和以后講授各种肥料施用,必須很好的連系起来。否則,純理論性地講植物营养会使人感到理論过于空洞,而以后講各种肥料施用时又会感到缺乏理論依据。所以作者編写此書时,特別注意这点,并且尽可能把这个原則貫徹到全書中去。

由于示踪元素在農業化学科学研究中已广泛应用,而且在植物营养和施肥方面已获得很大的成就。因此在各章内有关这方面的試驗結果也簡略地作了介紹。

为了便于学生學習和同志們参考,在部分章节中,比較深入的内容附有小字說明。这些資料可帮助学生作进一步學習时的参考。如果学生接受能力較好,教师在上課时也可一并講授。

关于翻譯名詞,絕大部分是采自科学院頒布的土壤学名詞和植物生理学名詞。生化名詞則采自衛生部衛生教材編审委员会編

訂的生物化学名詞。在書末附有專門名詞对照表,可供查閱。

本書曾經高等教育部聘請彭克明、姚归耕、黃希素、裴保义、周正浩和詹稷六位先生評閱,并提出很多宝貴意見。这些意見絕大多數都为作者所接受。对于以上諸位先生,作者表示衷心感謝。

由于农業化学內容广泛,而作者学識有限,本書中难免有錯誤和不妥当的地方,作者誠懇地希望农業化学教师和有关方面的同志,多多給予指正。

孙 羲

1957年4月于杭州

目 录

序	vii
緒論	1
第一节 农业化学的任务和目的	1
党和政府关于提高农业生产的措施(1) 农业化学的任务和目的(2)	
第二节 农业化学的发展过程	4
我国劳动人民在农业实践上的经验(4) 苏联学者在农业化学上的贡献(5) 西欧学者在农业化学方面的工作(9) 对李比希工作的批判(11)	
第三节 农业化学的内容和研究方法	14
农业化学的内容(14) 农业化学的研究方法(15)	
第一章 植物营养和肥料施用	18
第一节 植物营养成分	18
第二节 各种营养元素对植物生长发育和代谢作用的功效	19
第三节 植物对养料的吸收	37
矿质养料的吸收(37) 二氧化碳气的吸收(43) 植物吸收养料和外界环境条件(45)	
第四节 微生物在植物营养中的作用	50
第五节 农作物养分含量和它分布的情况	53
第六节 肥料对于作物生长发育和提高产量质量的作用	58
第二章 土壤特性与植物营养及肥料施用的关系	63
第一节 土壤中养料含量	63
第二节 土壤中养料的转化	64
有机态养料及其转化(65) 无机态养料及其转化(70)	
第三节 肥料在提高土壤肥力中的作用	71
第四节 土壤吸收性在植物营养和施肥上的作用	76
土壤吸收性能(76) 土壤吸收复合体(78) 土壤吸收性与植物营养和施肥的关系(83)	
第五节 我国主要土壤类型的农业化学性质	90
第三章 氮肥	99
第一节 土壤中氮的形态及其转化	99
第二节 氨态氮和硝态氮的吸收	104
氨态氮的吸收(104) 硝态氮的吸收(105) 氨态氮和硝态氮的吸收与肥料的生理反应(106)	

第三节 氨态氮肥和硝态氮肥	108
硫酸铵(108) 氯化铵(117) 硝酸铵(118) 硝酸钠(122)	
第四节 酰胺态氮肥料	124
尿素(124) 石灰氮(125)	
第五节 氮肥对于作物产量和品质的影响	128
第四章 磷肥	133
第一节 土壤中磷的形态及其转化	133
有机磷的转化(133) 无机磷的转化(133)	
第二节 磷矿粉	135
祖国磷矿的生产(137) 磷矿粉的性质和施用条件(139)	
第三节 过磷酸石灰	144
过磷酸石灰的制造(144) 过磷酸石灰的成分和性质(146) 过磷酸石灰在土壤中的变化(148) 过磷酸石灰的施用(151) 含氧过磷酸石灰和重过磷酸石灰(154)	
第四节 汤姆斯磷肥、煨灼磷肥和骨粉	155
汤姆斯磷肥(155) 煨灼磷肥(156) 骨粉(156)	
第五节 磷肥的效果	158
磷肥对于提高作物产量和品质的作用(158) 劳模施用磷肥的经验 and 效果(162)	
第五章 钾肥	165
第一节 土壤中钾的形态及其转化	165
土壤中钾的形态(165) 钾在土壤中的转化(166)	
第二节 钾肥的种类、性质和在土壤中的相互作用	168
钾肥的来源和种类(168) 各种钾肥的性质(171) 各种钾肥在土壤中的相互作用(172)	
第三节 钾肥的施用以及对于作物产量和品质的关系	174
钾肥施用的条件(174) 钾肥的施用方法(175) 钾肥的效果(176)	
第四节 焦泥灰	179
烧制方法(179) 增产原因(180)	
第六章 复合肥料和微量元素肥料	184
第一节 复合肥料	184
第二节 微量元素肥料	186
土壤中微量元素的含量和变化(186) 作物缺少微量元素的象征和诊断方法(188) 微量元素肥料的种类及其施用(190) 微量元素肥料的效果(194)	
第七章 有机肥料	198
第一节 人粪尿	198
人粪尿的组成和肥料价值(198) 人粪尿的处理(201) 人粪尿的性质和施	

用(207) 人粪尿的效果(209)	
第二节 家畜粪尿、厩肥和土粪	210
家畜粪尿(210) 褥草(215) 厩肥(216) 土粪(230)	
第三节 堆肥	231
堆肥的原料(232) 堆肥的制造(232) 堆肥的成分和肥效(236)	
第四节 泥炭肥料	237
泥炭的种类和成分(237) 泥炭在农业上的应用(239)	
第五节 油饼类	245
油饼的种类和成分(245) 油饼在土壤中的分解(246) 油饼的正确使用(250)	
第六节 绿肥	251
绿肥的种类(251) 绿肥作物的习性(257) 绿肥作物的栽培方式(261)	
绿肥作物的栽培技术(263) 绿肥的效果(265) 绿肥的使用(266)	
第七节 其他有机肥料	268
家禽粪和蚕渣(268) 河泥及其他有机肥料(269)	
第八章 细菌肥料	272
第一节 根瘤菌剂	272
根瘤菌和它的生物固氮过程(273) 根瘤菌的种类(276) 根瘤菌的接种 (277) 根瘤菌剂施用的条件(280) 根瘤菌剂的效果(281)	
第二节 固氮菌剂	282
固氮菌剂的应用(282) 固氮菌剂的效果和使用条件(283)	
第三节 磷细菌肥料	286
磷细菌肥料的应用(286) 磷细菌肥料的效果(287)	
第四节 硅酸盐细菌和综合性菌剂	288
硅酸盐细菌(288) 综合性菌剂(290)	
第九章 石灰和石膏	298
第一节 土壤反应对于植物生长发育的关系	298
第二节 石灰	301
石灰质肥料的种类和在土壤中的转化(301) 石灰质肥料的用量(303) 石 灰质肥料的效果(309)	
第三节 石膏和硫黄	312
石膏(312) 硫黄(318)	
第四节 各种作物生长的最适反应	319
第十章 肥料的保藏和混合	322
第一节 肥料的保藏	322
第二节 肥料的混合	324
矿质肥料的混合(324) 有机肥料和矿质肥料的混合(328)	
第三节 有机矿质颗粒肥料的制造	331

第十一章 施肥法和施肥制	334
第一节 施肥制的原則和任务	334
第二节 建立施肥制的条件	337
第三节 施肥法	339
第四节 主要作物施肥	343
水稻(343) 小麦(347) 棉花(351) 蔬菜及果树(355)	
第十二章 农業化学研究法	361
第一节 农業先进工作者的經驗在研究农業化学中的意义	361
第二节 田間試驗	362
田間肥料試驗計劃的編制(362) 綜合性生产試驗的組織和规划(370)	
第三节 盆栽法和农業化学分析	371
盆栽法(371) 农業化学分析(376)	
第四节 农業化学分析室的任务和内容	378
农業化学分析室的任务和内容(378) 有計劃的施肥和土壤圖的利用(378)	

緒 論

第一节 农业化学的任务和目的

党和政府关于提高农业生产的措施 在党和政府的正确领导下,我国迅速地走上了社会主义道路。解放以后,首先消灭了农村中的封建所有制,因而生产力得以迅速发展,农业生产量逐年增加,特别是在1955年下半年全国农村开始展开合作化运动以后,生产空前高涨,发展的速度出乎人们意料以外。下表可表明我国解放后农业生产逐年增加的大致情况。

表 1. 解放后我国各年间粮食和棉花的生产量

年 分	粮食总产量 (亿斤)	棉 花 总 产 量 (亿斤)
1949	2263.6	8.9
1950	2630.0	14.2
1951	2887.0	20.8
1952	3278.8	26.1
1953	3336.6	23.5
1954	3390.3	21.3
1955	3680.0	30.36
1956	3855.0	28.9
1957(计划产量)	3856.2	32.7
战 前 最 高 产 量	2810.2	12.0
抗 日 期 间 平 均 产 量	2238.0	(1933—1937 年五年平均产量) 7.4 (1946 年产量)

上表指出,我国农业生产在飞跃地发展。这种成就固然是由于广大劳动人民在生产关系改变之后,提高了劳动的积极性,同时

也是和我国政府历年来所推行的农业政策分不开的。1952年中央人民政府政务院提出了农业生产的基本方针是提高单位面积产量,各项措施必须以此为原则;增施肥料是当前提高单位面积产量最有效的办法,因此各地可根据具体条件,发动群众,充分运用已有经验,大量积肥、造肥和改进施肥技术等等。

1955年又公布了我国第一个五年经济建设计划。在计划中,规定粮食总产量在最后一年(1957年)将达3856.2亿斤,棉花32.7亿斤;较之1952年粮食增产17.6%,棉花增产25.4%。

为着发展农业生产,在农业化学技术措施方面,决定发动农民积极蓄肥、造肥,并合理施肥;发展畜牧,增加肥原;扩大绿肥作物栽培面积,提倡堆肥制造;此外还新建和改建五个大规模氮肥工厂和二磷肥工厂,其中两个现代化氮肥厂是由苏联帮助设计的。

1956年党又提出了“1956到1967年全国农业发展纲要(草案)”。其中对肥料利用和生产问题也给予很大的注意。在增产措施项目中提出,积极地利用一切可能的条件开辟肥料来源,改进使用方法。根据这个纲要(草案),在12年内,大部分地区90%以上的肥料以及一部分地区100%的肥料,由地方和农业生产合作社自己解决。为此,应当发动各地农民积极采取一切可能的办法增加肥料,特别注意养猪(有些地方注意养羊)和适当发展绿肥作物。地方应当积极发展磷肥和钾肥的制造工业,积极发展细菌肥料,并且把城市粪便和杂肥尽量利用起来。这就是说,要运用一切方法来增加农业生产,改善人民生活。

从这一系列的措施中,使我们认识到,提高农业生产因素虽然是多方面的,但是增加肥源和合理施肥是增产最有效的办法,也是党和政府关于提高农业生产的具体措施。

农业化学的任务和目的 前面已经讲过,增加肥源和合理施肥是提高农业生产最有效的办法。那么怎样增加肥源和怎样合理

施肥呢？

人們早就知道，自然界有無穷尽的营养物質，問題在于怎样去利用它們。譬如，空气中有取之不尽的氮素，可是植物不能直接吸收，如果把它制成肥料，就可为植物利用；或者調节土壤环境，使之适合于固氮菌的生長；甚至接种固氮菌，利用它的活动来丰富土中氮素，轉而增加植物的氮营养来提高农业生产。所以合理調节营养物質在农业生产过程中的循环，是提高农业生产最实际和最有效的办法。苏联农业化学家普里亞尼施尼柯夫(Д.Н.Иренишников)院士早就指出，农业化学的任务是研究农业中物質的循环，以及用怎样的方法来影响土壤和植物体中所进行的化学作用，以便提高产量或改变成分。

施肥是調节这种循环的主要方法。因为肥料不仅可以直接营养植物，促进植物的新陈代谢，同时又能調解土壤反应，改善土壤結構，控制土壤微生物的活动，以提高土壤肥力。因此，施肥不仅要了解植物营养的特性，而且还要了解土壤的肥力情况。只有这样，肥料的合理施用才有可能。因此，农业化学的研究对象不單單是肥料，而是把土壤、肥料和植物三者联系起来，研究其相互間的关系，进而以合理施肥来調节营养物質在土壤內和植物体内所起的作用，以便改善植物發育的外界和內在条件，使达到提高产量和品質的目的。所以农业化学的内容必須包括土壤、肥料和植物三个部門，而且要辯証地相互联系起来研究它們。就是說，肥料在土壤中的变化以及肥料和植物体内新陈代谢的相互作用都应该包括在內。圖 1 是說明农

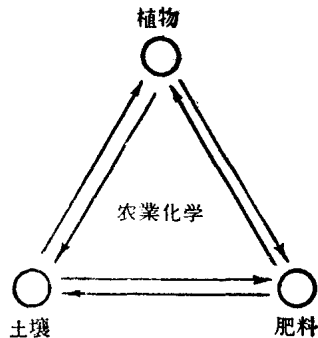


圖 1. 植物、土壤及肥料間的相互关系圖解。

業化学和土壤、肥料及植物三者間的相互关系。

農業化学的任务和目的既經指出，那么在今天全国正在建設社会主义的时期，它又負起了怎样的使命和任务呢？

苏联的經驗告訴我們，社会主义的農業生产必須和農業的社会主义技术改造配合着进行。而農業的化学化和机械化又是社会主义農業技术改造不可少的措施。所謂農業化学化就是应用農業化学已有的科学成就，广泛并合理地应用矿質肥料和保护植物的化学藥剂，使得土壤肥力和植物生活条件得到改善和提高，農業生产就能不断地發展。所以農業化学化在社会主义的農業生产上占着非常重要的比重。

自 1955 年下半年起，全国展开了農業合作化运动以后，農業技术改造的需要更为急迫，農業的化学化就成为我国当前的主要任务。由于化学肥料的制造屬於化学工業范围，因此祖国的工業化是發展農業的有利条件。農業生产的提高就能保證工業原料的供应，而有利于工業的發展。所以農業化学的目的是提高作物产量，改进作物品質，增加作物的抗寒、抗旱、抗虫、抗病等天然灾害的能力。此外，增加肥料来源，改良保存方法以及合理施肥等都是目前急待解决的問題。为了祖国的農業發展和社会主义的建設，必須加强學習苏联的先进理論；同时还要把祖国劳动人民的生产經驗加以总结，进而把这些經驗提高到理論認識，以便有效的再指导農業生产。只有學習苏联經驗，并結合我們農業实际情况加以創造性的利用，才能解决我国当前農業生产上的关键問題。

第二节 農業化学的發展过程

我国劳动人民在農業实践上的經驗 我国劳动人民在農業实践上有極其丰富的經驗，譬如他們早就知道糞肥的利用了。从历

史記載来看,汉朝“氾胜之書”中曾有这样的叙述:“……伊尹作区田,教民粪种,負水澆稼。区田以粪气为美,非必須良田也。”王桢(公元1250年左右)的“农書”中有“粪壤篇”,对于粪肥的記載更詳細。并提出“草粪”、“火粪”、“泥粪”等。至于綠肥的栽培可能更早,大約在4200年以前,我国劳动人民就知道大豆的栽培。孟子說“后稷教民稼穡,树艺五谷。”所謂五谷即稻、黍、稷、麦和菽(菽就是大豆)。后稷大約和帝堯同时,而帝堯距今可能有4270多年了。栽培綠肥專为肥田之用可能在后魏时代(約1500年以前)。在賈思勰撰的“齐民要术”中曾有这样的記載:“凡美田之法,綠豆为上,小豆胡麻次之,悉皆五六月中種种,七月八月犁耨杀之,为春谷田,則亩收十石,其美与蚕矢熟粪同。”在堆肥制造方面,我国劳动人民早創有踏粪法,制造过程是这样:“凡人家秋收后,治粮場上所有穰谷穢等,并須收貯一处,每日布牛脚下三寸厚,每平旦收聚堆积之,还依前布之,經宿即堆聚,計經冬一具牛踏成三十車粪。”此外,在施肥方面也有很多宝贵經驗。齐民要术中对于大豆用基肥和大麻用追肥均有詳細記載:“一亩用种(大豆种子)一升,用粪十六石八斗。”“树(麻)高一尺,以蚕矢粪之,树三升(每株麻用蚕矢三升);無蚕矢,以溷中熟粪粪之,亦善,树一升。”其他如积肥、保肥等各方面都有不少的經驗和創造,可惜在長期封建統治下,沒有得到应有的發展。而农业化学能有今天的成就,不能不归功于苏联科学家們的努力。他們总结了劳动人民在农业生产中的經驗,又以正确的馬列主义宇宙观来分析和研究問題,因而奠定和發展了唯物的农业化学。为說明方便起見,按時間先后选其重要的說明之。

苏联学者在农业化学上的貢獻 門捷列也夫(Д. И. Менделеев)(1830—1907年)偉大的化学家門捷列也夫是田間試驗的創造人。于1867—1869年在苏联四个省建立了肥料田間試驗網。根据試驗結果指出:氮在俄国北方和磷在南方具有很大的意义。

他用田間試驗來研究土壤肥力，並為肥料的合理分配提供了有力的科學依據。

門捷列也夫以後又用田間試驗的實際結果來駁倒當時正在流行的所謂“肥力遞減律”和“歸還定律”。在他的文獻里曾有這樣的記載：“……當我作試驗之初，那時每俄畝黑麥產量平均不超出 6 俄担（舊俄担，每担合 209.21 升），年成好的時候可收 8 俄担，年成壞的時候只收 4 或 5 俄担，……到了第五年，黑麥產量平均已達 10 俄担，到了第六年已達 14 俄担了。”門氏結合了俄國化學上的成就和農民豐富的經驗證明：提高作物產量不在於單純的和機械的把養料歸還給土壤，而應該科學地耕作土壤，並且適當的把礦質肥料和有機肥料結合使用。

柯斯特切夫（Л. А. Костычев）（1845—1895）柯斯特切夫是蘇聯杰出的科學家，是研究土壤形成的生物路線的代表。他曾長期研究過俄羅斯黑鈣土的肥力，發現團粒結構是土壤肥力的主要因素，並証明：黑鈣土中團粒結構是由於多年生牧草所造成的。他說：“多年生牧草是保持高度土壤肥力的工具，同時能使產量穩定不變。”

柯斯特切夫不僅在土壤形成和土壤肥力方面有創造性的貢獻，而且也積極地從事於提高農業生產方面的研究。譬如在合理耕作、有機肥料和礦質肥料的施用、牧草的栽培、護田林帶及防止旱災等方面的研究，其成果不問在科學理論上和農業實踐上都有很大的意義。

季米里亞捷夫（1843—1920）著名的植物生理學家季米里亞捷夫除了對光合作用有特殊的貢獻外，在植物營養方面也有很多創造。他首先設計植物培養室，專作植物營養和施肥的研究。以後又試驗磷灰石的肥效，並肯定地指出磷灰石可以增加作物產量。季氏不僅認為肥料是植物營養的源泉，而且認為合理施肥還能減

少植物需水量，間接地增强植物的抗旱性。他曾指出：“植物形成單位重量有机質所需要的水分，在大量营养条件下，比缺少营养条件下要少。他極力提倡用化学肥料来提高产量。他最痛恨战争，并指出：如果把战争所消耗的氮素全部应用到土壤里，那么，各国的农业生产將增加到难以置信的程度，繁荣將代替飢餓，幸福將代替貧穷。当他在莫斯科彼得罗夫农林学院任教的时候（該校是当时俄国的民主堡壘），他經常以辯証唯物的观点解釋自然現象，又以爱国主义教育灌輸給同学。在他的天才教导下，培养出極多优秀的科学家，威廉斯和普里亞尼施尼柯夫就是其中最出色的兩人。

普里亞尼施尼柯夫 (Д. Н. Прянишников) (1865—1948) 先进的农业化学—生理路綫的农业化学是苏联杰出学者普里亞尼施尼柯夫院士所創。它是先进的米丘林生物科学的一部分，是以植物及其生活的外界环境条件統一的理論为基础来闡明土壤、肥料和植物三者相互間的关系，进而以施肥的方法来調节肥料在土壤內和植物体内所起的作用，以达到提高产量和質量的目的。本此原則，他做了很多有价值的研究。首先他确定氮在植物生活中的重要性，以后又詳細地研究了植物体内氮的代謝以及各种形态氮的吸收和它的外界条件。这些研究不仅丰富了农业化学的内容，而且对于苏联氮肥工业的發展也起了一定的作用。由于矿質氮肥还不能滿足农业發展的需要，因此他極力提倡栽培多年生豆科植物(羽扇豆)来丰富土壤中的氮素，解决氮肥不足的問題。在磷肥方面，也曾作过一系列的研究，特别是对于磷灰土的使用提出了具体措施。因为磷灰土中的磷屬水不溶性，一般作物难于利用。他和他的学生們首先研究磷灰土在土壤中变化的規律，并指出，在酸性土壤中，肥料中的磷可以轉变为植物可利用的形态；而在非酸性土壤中，則可栽培吸收磷能力强的作物，如羽扇豆、蕎麦、芥菜、豌豆等。



Д. Н. 普里亞尼施尼柯夫(1865—1948)

这些研究在指导农业生产上都有很大的意义。虽然他的研究着重在植物营养和矿质肥料施用上，但对于有机肥料，特别是厩肥和泥炭肥料也给予很大的注意。

普里亞尼施尼柯夫还很重视田间试验。当他在肥料科学研究所工作时，曾广泛布置了三千多个田间试验，包括苏联各种土壤和气候条件。这些试验结果，对于苏联矿质肥料的计划生产和分配提供了

极有价值的科学资料。

由于普里亞尼施尼柯夫院士一生创造性的劳动，在苏联卫国战争期间，曾提出许多合乎实际的建议。这些建议对于提高农业生产 and 解决当时粮食不足的问题有很大贡献。由于他热爱祖国，热爱科学，对于人民事业无限忠诚。因此，苏联政府曾先后授给他三次红旗劳动勋章、一次列宁勋章和一次一级卫国战争勋章。他所著的“农业化学”一书于1941年又光荣地获得了斯大林一等奖。

普里亞尼施尼柯夫一生从事农业化学的研究，一共发表了400多篇论文，内容广泛而深入。他的科学活动丰富了农业化学的内容，奠定了生理线路的农业化学基础。先进的苏联农业化学和他的名字是永远分不开的。