



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代农业高新技术成果丛书

测土配方施肥技术

Soil Testing and Fertilization Recommendation

张福锁 主 编

江荣风 陈新平 贾良良 副主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代农业高新技术成果丛书

测土配方施肥技术

Soil Testing and Fertilization Recommendation

张福锁 主 编

江荣风 陈新平

贾良良 副主编

中国农业大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书围绕全国测土配方施肥项目的技术需求,全面阐述了国内外测土施肥技术的发展与应用,测土配方施肥中土壤样品的采集、制备与测试方法,测土配方施肥技术指标体系的建立,区域土壤养分分区与配方肥的设计和应用,测土配方施肥技术的总结、评估与队伍建设等技术内容。特别是针对我国农业生产的具体情况,重点突出了区域性氮肥总量控制、分期调控技术,磷肥恒量监控技术,“大配方、小调整”的区域配肥技术等近年来的最新研究成果,并介绍了小麦、玉米、水稻、棉花、蔬菜和果树等主要作物的测土配方施肥技术。

本书可供各级农业技术推广人员和肥料企业农化服务人员使用,也可供土壤肥料和作物生产领域科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

测土配方施肥技术/张福锁主编. —北京:中国农业大学出版社,2011.3

ISBN 978-7-5655-0191-3

I. ①测… II. ①张… III. ①土壤肥力-测定法②施肥-配方 IV. ①S158.2②S147.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 012056 号

书 名 测土配方施肥技术

作 者 张福锁 主编

封面设计	郑 川	责任编辑	高 欣 王学艳
出版发行	中国农业大学出版社	责任校对	王晓凤 陈 莹
社 址	北京市海淀区圆明园西路 2 号	邮政编码	100193
电 话	发行部 010-6273 1190/2620 编辑部 010-6273 2617/2618	读者服务部	010-6273 2336
网 址	http://www.cau.edu.cn/caup	出 版 部	010-6273 3440
经 销	新华书店	E-mail	cbsszs@cau.edu.cn
印 刷	北京鑫丰华彩印有限公司		
版 次	2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷		
规 格	787×1092 16 开本 19.5 印张 466 千字		
定 价	66.00 元		

图书如有质量问题本社发行部负责调换

测土配方施肥有四大好处：一是提高产量，二是提高肥料利用率，三是节肥保护环境，四是增加农民收入，是一项为民利民的大好事。

——胡锦涛总书记 2009 年 5 月 2 日视察
中国农业大学资源与环境学院资源
高效利用研究试验温室时的谈话

现代农业高新技术成果丛书

编审指导委员会

主 任 石元春

副主任 傅泽田 刘 艳

委 员（按姓氏拼音排序）

高旺盛 李 宁 刘庆昌 束怀瑞

佟建明 汪懋华 吴常信 武维华

参 编 人 员

主 编 张福锁

副 主 编 江荣风 陈新平 贾良良

编 写 者 (以姓氏笔画为序)

马文奇 王方浩 王激清 申建波 冯 固

危常州 刘全清 江荣风 孙义祥 苏德纯

吴传洲 宋建兰 张宏彦 张朝春 张福锁

陈 清 陈新平 贾良良 钱晓华 高 彧

崔建宇 崔振岭 鲁剑巍 雷宝坤 樊 惠

出版说明

瞄准世界农业科技前沿,围绕我国农业发展需求,努力突破关键核心技术,提升我国农业科研实力,加快现代农业发展,是胡锦涛总书记在 2009 年五四青年节视察中国农业大学时向广大农业科技工作者提出的要求。党和国家一贯高度重视农业领域科技创新和基础理论研究,特别是 863 计划和 973 计划实施以来,农业科技投入大幅增长。国家科技支撑计划、863 计划和 973 计划等主体科技计划向农业领域倾斜,极大地促进了农业科技创新发展和现代农业科技进步。

中国农业大学出版社以 973 计划、863 计划和科技支撑计划中农业领域重大研究项目成果为主体,以服务我国农业产业提升的重大需求为目标,在“国家重大出版工程”项目基础上,筛选确定了农业生物技术、良种培育、丰产栽培、疫病防治、防灾减灾、农业资源利用和农业信息化等领域 50 个重大科技创新成果,作为“现代农业高新技术成果丛书”项目申报了 2009 年度国家出版基金项目,经国家出版基金管理委员会审批立项。

国家出版基金是我国继自然科学基金、哲学社会科学基金之后设立的第三大基金项目。国家出版基金由国家设立、国家主导,资助体现国家意志、传承中华文明、促进文化繁荣、提高文化软实力的国家级重大项目;受助项目应能够发挥示范引导作用,为国家、为当代、为子孙后代创造先进文化;受助项目应能够成为站在时代前沿、弘扬民族文化、体现国家水准、传之久远的国家级精品力作。

为确保“现代农业高新技术成果丛书”编写出版质量,在教育部、农业部和中国农业大学的指导和支持下,成立了以石元春院士为主任的编审指导委员会;出版社成立了以社长为组长的项目协调组并专门设立了项目运行管理办公室。

“现代农业高新技术成果丛书”始于“十一五”,跨入“十二五”,是中国农业大学出版社“十二五”开局的献礼之作,她的立项和出版标志着我社学术出版进入了一个新的高度,各项工作迈上了新的台阶。出版社将以此为新的起点,为我国现代农业的发展,为出版文化事业的繁荣做出新的更大贡献。

中国农业大学出版社

2010 年 12 月

序

粮食安全关系人民福祉、国家富强和社会稳定。施肥作为粮食增产的主要手段,在保障国家粮食安全中占据非常重要的地位。大量的研究表明,化肥在粮食增产中的贡献率高达40%~50%。在我国人口众多、耕地等资源严重不足的条件下,通过施肥等技术实现作物高产和水土资源替代战略,对我国农业的可持续发展具有特殊的重要意义。长期以来,我国在肥料施用方面存在着许多突出问题。例如,重视化肥、偏施氮肥以及不少地方盲目和过量施肥,造成肥料利用率低,生产成本低,环境代价大,农田土壤质量和农产品品质受到影响。

针对以上问题,中共中央在2005年1号文件中明确提出,要努力培肥地力,推广测土配方施肥技术,提高土地综合生产能力。中央领导也多次强调,要指导和帮助农民合理施用化肥,切实解决农业和农村面源污染问题。

为贯彻落实中央1号文件和中央领导的批示精神,从2005年开始,农业部把科学施肥工作作为一项紧迫任务摆上重要议事日程,组织实施了测土配方施肥行动。测土配方施肥作为农业科技入户工程的重要内容,通过春季和秋季行动,大力推广测土配方施肥技术,最大限度地发挥肥料的增产效益,对促进粮食生产的恢复性增长起到了重要作用。同时,通过提高土壤有机物质的归还量、培肥地力、协调土壤养分和改善耕地质量,提高农田综合生产能力。此外,测土配方施肥既是保护生态环境、实现资源高效利用的有效途径,也是促进广大农民优化化肥投入、减少化肥浪费、降低化肥需求以及在一定程度上抑制化肥价格的过快增长和节本增效、增产增收的重要手段,对建设资源节约型和环境友好型社会有重要意义。

20世纪80年代,我国土肥科技工作者根据全国第2次土壤普查的结果,分土类、分作物开展了主要作物测土配方施肥参数的研究,建立了适合当时生产条件的作物施肥技术体系。但是,20多年来,随着我国社会经济的快速发展,作物品种与栽培技术、土壤状况和生产条件等都发生极大变化,原有的参数和资料已经不能适应目前测土配方施肥的要求。同时,全国土肥工作人员在无国家大项目支持的情况下一直没有机会更新知识、创新技术。因此,目前在全国范围内大面积开展测土配方施肥工作既是全国土肥行业有幸服务于国家经济建设大局,也是本行业得以快速发展的难得机遇,更是对土肥队伍的严峻挑战。

面对这一现实,我们组织了有关人员,总结了近年来我们与农业部及全国有关单位合作开展的主要作物推荐施肥技术,特别是农业部“948”重大引进项目即“养分资源综合管理技术引进与中国技术体系的建立和应用(2003-Z53)”和公益性行业科研专项“最佳养分管理技术研究与应用(200803030)”等研究成果,结合对国内外有关进展的综述,编写了这本参考书,重点对测土配方施肥工作的各个技术环节进行了讨论。编者认为,测土配方施肥技术是养分资源综合管理的一个重要组成部分。随着我国社会经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,养分资源综合管理必将成为协调作物高产、资源高效和生态环境保护目标的理论指导和技术手段。本书也体现了这种思想,希望能够对我国目前正在实施的测土配方施肥工作起到一定的指导作用。

参加本书写作的主要人员有:陈清(第10章)、陈新平(第6章、第7章、第12章)、崔建宇(第5章)、崔振岭(第7章、第12章)、樊惠(第10章)、冯固(第9章)、高彧(第8章)、贾良良(第2章、第7章)、江荣风(第2章、第3章、第5章)、宋建兰(第5章)、雷宝坤(第10章)、鲁剑巍(第9章)、马文奇(第13章、第14章、第15章)、申建波(第8章)、苏德纯(第1章、第4章)、王方浩(第14章、第15章)、王激清(第15章)、危常州(第9章)、张朝春(第3章)、张宏彦(第11章),刘全清参与并仔细修改了第3篇有关作物体系的6章内容。中国农业大学资源与环境学院植物营养学科的许多老师和研究生参加了有关资料的搜集和学术讨论,毛达如先生不辞辛苦审阅了有关章节,李晓林教授为本书的策划和组织做了大量工作,并提出了许多建设性意见,项小菊在文稿的整理和打印工作中给予了很多帮助,在此一并表示衷心的感谢。由于时间仓促,错误与不足之处在所难免,望读者批评指正。

最后,感谢农业部引进国际先进技术项目和公益性行业科研专项的资助。

张福锁

2010年12月

前言

从 2005 年开始,全国测土配方施肥工作已走过了 6 年。6 年来,随着工作的不断深化,测土配方施肥在推动粮食增产、科学施肥、农民增收和环境保护方面的作用越来越突出,成为我国农业领域近年来最为重要的国家科技行动之一。

2005 年,为配合全国测土配方施肥工作的大面积实施,我们组织编写了《测土配方施肥技术要览》一书。该书 2006 年初出版后很快就一抢而空,受到了广大读者的欢迎。同时,该书的出版对解决项目实施初期遇到的若干关键技术问题起到了重要作用。

当前,测土配方施肥中的许多关键的技术环节已取得突破。但要在我国农业以小农户分散经营为主的国情下实现大面积的科学施肥,进而实现作物高产、资源高效和环境保护,的确是前所未有的巨大挑战。

近年来,我们深入探索了适合我国国情的区域性氮肥总量控制、分期调控技术和磷肥恒量监控技术等推荐施肥关键技术。同时,鉴于很多地区测土结果在技术上难以反映到肥料配方中的技术难题,我们建立了“大配方、小调整”的区域配肥技术,并于 2010 年在安徽芜湖、重庆江津、河北曲周、吉林梨树和黑龙江农垦总局七星农场等地进行了技术验证,取得了良好成效。为此,我们在 2006 年版本的基础上,组织再版了本书,增加了上述最新的研究进展,以期为推动当前测土配方施肥工作的深化贡献一份力量。

在再版过程中,孙义祥、陈新平、崔振岭、张福锁、钱晓华、吴传洲等参与了新增章节(第 7 章、第 8 章、第 15 章、第 16 章)的编写,张福锁、江荣风、马文奇、陈新平参与了对原有章节的修改。

感谢农业部公益性行业科研专项(200803030)的资助。

编 者

2010 年 12 月

目 录

第 1 篇 测土配方施肥概述

第 1 章 我国测土施肥的回顾与展望	3
1.1 对过去 30 年我国测土施肥工作的简单回顾	3
1.2 测土配方施肥推荐方法的发展	4
1.3 过去 20 多年的测土配方施肥经验与存在的问题	7
1.4 新时期测土配方施肥中需要考虑的问题	8
第 2 章 国外测土施肥技术的发展与应用	10
2.1 国外测土施肥技术的发展	10
2.2 测土施肥的主要步骤	11
2.3 土壤氮、磷、钾测试和肥料推荐方法简介	14
2.4 目前国际上测土配方施肥技术发展趋势	19
2.5 对我国测土施肥工作的启示	21
2.6 结语	22
第 3 章 国内外基于 Mehlich 3 浸提剂的土壤测试与推荐施肥研究进展	23
3.1 Mehlich 3 浸提剂的提出及其原理	23
3.2 国外 Mehlich 3 浸提剂研究进展	24
3.3 国内 Mehlich 3 浸提剂研究进展	34
3.4 Mehlich 3 浸提剂在我国的应用前景	36

第 2 篇 土壤测试

第 4 章 土壤样品的采集与制备	41
4.1 土壤样品的采集	41
4.2 土壤样品的制备和保存	46

第 5 章 测土配方施肥实验室测试方法	48
5.1 基于常规分析方法的土壤养分测试	49
5.2 基于 Mehlich 3 方法的土壤有效养分测试	53
5.3 测土配方施肥的其他测试方法	60
5.4 测土配方施肥实验室的建设与质量控制	69
第 3 篇 测土配方施肥技术指标体系的建立	
第 6 章 通过田间试验建立测土配方施肥技术指标体系	77
6.1 建立测土配方施肥指标体系的基本流程	77
6.2 利用“3414”试验建立测土配方施肥指标体系	80
第 7 章 氮肥总量控制、分期调控技术	92
7.1 土壤肥力指标与作物对氮肥反应的关系	92
7.2 氮肥总量控制	94
7.3 氮肥总量控制的适宜性评价	96
7.4 总量控制基础上分期调控的必要性	98
第 8 章 磷肥恒量监控技术	99
8.1 基于肥料效应函数的磷肥推荐	100
8.2 基于恒量监控的磷肥推荐	103
第 9 章 小麦、玉米测土配方施肥技术	105
9.1 大田作物土壤、植株测试推荐施肥技术简介	105
9.2 冬小麦-夏玉米测试推荐施肥技术	109
9.3 小麦、玉米测土配方施肥技术	115
第 10 章 水稻测土配方施肥技术	123
10.1 确定氮、磷、钾的施肥量和临界指标	124
10.2 中微量元素的矫正施肥	131
10.3 水稻施肥方法	131
10.4 “3414”试验在水稻推荐施肥中的应用	132
第 11 章 棉花测土配方施肥技术	134
11.1 棉花施肥的原则与测土配方施肥的基本方法	134
11.2 确定棉花总施肥量和不同化肥配比关系的“3414”试验方案以及土壤养分 临界指标体系的建立	137
11.3 棉花测土配方施肥的其他方法	141
第 12 章 蔬菜测土配方施肥技术	143
12.1 蔬菜作物的试验设计	143
12.2 数据收集及有关项目测定方法	159
12.3 蔬菜水肥一体化管理	162
第 13 章 果树测土配方施肥技术	167
13.1 果树测土配方施肥的原理与特点	167
13.2 果树测土配方施肥研究试验的内容、方法及应用	169

第4篇 配方肥的设计与应用

第14章 县级区域土壤养分分区与区域配肥	189
14.1 制作区域土壤养分图和区域配肥的基本流程	189
14.2 县级区域土壤养分分区与区域配肥实例分析	193
第15章 “大配方,小调整”的县域配肥技术	203
15.1 县域大配方的制定方法	203
15.2 县域大配方的制定实例	205
15.3 区域配方的校验	207
第16章 大区域大配方的设计与应用	210
16.1 区域专用肥配方的设计	211
16.2 东北地区春玉米配方肥的试验验证	212

第5篇 测土配方施肥技术的总结、评估与队伍建设

第17章 测土配方施肥中农户调查数据的获取与分析	219
17.1 调查农户选择的方法和数据获取的方法	219
17.2 田间基本情况调查	222
17.3 调查数据的统计与利用	223
第18章 测土配方施肥的人才培养和技术培训	233
18.1 人才培养的一般方式	233
18.2 技术培训	234
18.3 技术实践对人才的培养	238
18.4 小结	240
第19章 测土配方施肥项目效果的评估	242
19.1 项目评估的内涵和外延	242
19.2 测土配方施肥项目评估的内容	242
19.3 测土配方施肥项目评估的指标	243
19.4 测土配方施肥项目评估的方法	247
19.5 测土配方施肥项目评估的程序	247

附 录

附录A 测土配方施肥工作附表和附图	249
附录B 部分测土配方施肥著作及简介	278
附录C 部分国内外测土配方施肥网站	282
参考文献	285

第 1 篇

测土配方施肥概述

第 1 章

我国测土施肥的回顾与展望

测土配方施肥是以土壤测试和肥料田间试验为基础,根据作物对土壤养分的需求规律、土壤养分的供应能力和肥料效应,在合理施用有机肥料的基础上,提出氮、磷、钾及中微量元素肥料的施用数量、施用时期和施用方法的一套施肥技术体系。配方施肥的方法可分为三大类,即测土施肥法、肥料效应函数法和作物营养诊断法。其中,测土施肥法重点强调以测定土壤有效养分含量为依据,在播前确定施用肥料的种类和与产量相适应的经济合理的施肥量的方法。我国测土施肥的研究与推广工作先后经历了几个不同的发展阶段。其中,20 世纪 70 年代末到 80 年代初期是快速发展时期,这一时期的测土施肥研究与推广在我国农业生产中发挥了重要作用;到了 20 世纪 90 年代后发展相对较慢。

1.1 对过去 30 年我国测土施肥工作的简单回顾

测土是最直接了解土壤养分状况的手段。早在 1930—1940 年间,张乃凤等人就对我国 14 个省 68 个点进行了地力测定。这可以说是我国最早的测土施肥研究工作。20 世纪 50 年代到 70 年代中期,我国科技工作者对土壤田间速测指导施肥的技术进行了研究和推广应用。当时的技术体系注重用简单的土壤速测方法在田间进行土壤快速测试并用于指导施肥,由于精确度不高,速测结果也只能简单地分出土壤肥力的高低。

全国范围内的大规模测土施肥研究与推广应用是在 20 世纪 70 年代末随第 2 次全国土壤普查开始的。当时我国第 2 次土壤普查野外工作基本结束,土壤肥料科学工作者开始研究普查成果的应用。他们结合土壤有效养分测定结果开展了大量肥料田间试验,在合理施肥方面取得了突破性进展。当时的农业部土壤普查办公室组织了有 16 个省、市、自治区参加的“土壤养分丰缺指标研究”协作组。1983 年,农牧渔业部农业局在广东湛江召开了 14 省、市土肥专家会议,对配方施肥的可行性进行了论证;1986 年又在山东召开了全国配方施肥技术经验交流会,制定了配方施肥工作要点,用于指导全国配方施肥工作。其后,农业部在全国组织开展

了大规模的配方施肥技术推广工作,主要针对粮食、油料和棉花等作物,并在 20 多个省、市开展了配方施肥技术推广与示范。由于当时正在进行第 2 次全国土壤普查,土壤普查的土壤测试结果可以直接用来指导施肥,推广起来比较容易,全国推广的面积也比较大。这个阶段对众多土壤测试方法的筛选和校验研究为我国后来的各种测土配方施肥工作打下了基础。1986—1990 年“七五”国家重点科技攻关项目“大面积经济施肥和土壤培肥技术研究”在中国农业科学院土肥所山东禹城和隋县 2 个试验点、原北京农业大学河北曲周实验点、中国科学院土壤所河南封丘和安徽宿县 2 个试验点分别建立了小麦、玉米、水稻、棉花 10 种施肥模型和计算机施肥系统。这个国内首次最大规模的国家级施肥系统研究项目,应用边际分析法开展了计算机施肥。该项目一直延续到“八五”、“九五”和“十五”,对我国数量化科学施肥发挥了重大的作用。1992 年,农业部组织了 UNDP 平衡施肥项目,在毛达如、李仁岗的建议下,中、外双方专家同意“3414”试验设计方案。这期间,原化工部成立了农化服务办公室,在不同地区复合肥料厂试点建立了 100 余个农化服务中心,由化肥企业开展测土配方施肥,配制各种通用型和专用型复混肥料为农民服务。总之,在 20 世纪末我国初步建立了适合我国农业状况和特点的土壤测试推荐施肥体系。

1.2 测土配方施肥推荐方法的发展

1.2.1 土壤养分丰缺指标法

土壤养分丰缺指标法是经典的测土施肥方法。其具体做法是利用土壤普查的土壤养分测试资料和已有的田间试验成果,结合农民的经验按土壤肥力分成若干等级,根据各种养分丰缺等级确定适宜的肥料种类并估算出施用量。此方法的核心是测土,即通过对土壤养分的测定和校验研究结果判定相应地块各种养分的丰缺程度并提出施肥建议,同时用建立在相关校验基础上的测土施肥参数和指标指导施肥实践。此方法的优点是简单易行、快速、廉价并具有针对性,可服务到每一地块,提出的施肥种类和用量接近当地群众的经验值,农民也容易接受。

测试方法的选择和指标的确定是技术的核心。我国当时应用较成熟的土壤有效氮、有效磷、速效钾测试方法分别为:土壤有效氮为碱解扩散法,土壤有效磷分别为 Olsen 法、Bray 1 法;土壤速效钾为乙酸铵提取的交换性钾。由黄德明、王蓉芳、周鸣铮等在 1987 年主持完成的全国主要土类有效养分丰缺指标研究结果是应用这种方法的案例。此研究结果中提出的我国主要土壤类型各种有效养分的具体丰缺指标在国内应用也最为广泛。其缺点:

①土壤碱解氮(扩散法)与植物的相关性不高,用以指导科学施肥有一定的差距。

②土壤有效养分丰缺指标值因测定方法不同而异,不同区域和不同作物也会有很大差别,致使提出的施肥量推荐值较多地依赖于经验(因条件所限,缺乏大量田间校验试验),很难做到准确和量化,也不具备宏观调控功能。

③我国土壤类型众多,种植体系复杂多样,尽管当时对全国主要土类养分丰缺指标进行了研究,但田间试验数量与众多土壤类型相比显得不足,建立的针对具体地区、具体种植体系和作物的土壤养分丰缺指标体系技术覆盖面不够广泛,使其进一步的推广应用受到了限制。

尽管如此,土壤养分丰缺指标法由于其应用简便而可靠仍是国内外测土施肥的重要方法。