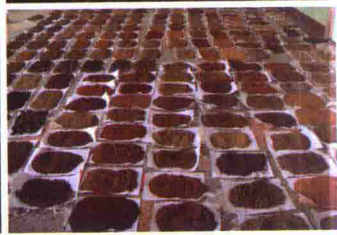




新型职业农民培育工程通用教材

测土配方科学施肥技术

◎ 黄玲 曹银萍 孙好亮 主编

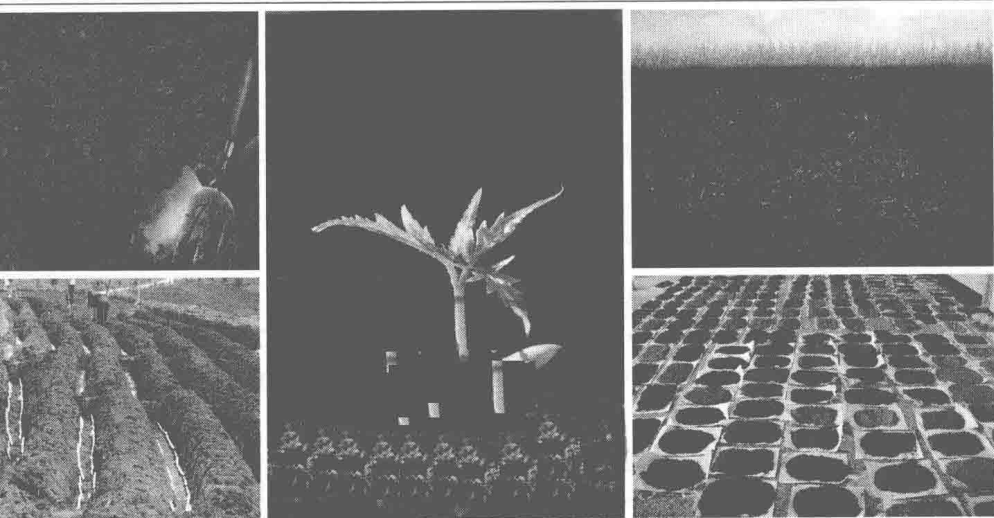


中国农业科学技术出版社

新型职业农民培育工程通用教材

测土配方科学施肥技术

◎ 黄玲 曹银萍 孙好亮 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

测土配方科学施肥技术 / 黄玲, 曹银萍, 孙好亮主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2016. 6

(新型职业农民培育工程通用教材)

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2590 - 8

I. ①测… II. ①黄…②曹…③孙… III. ①土壤肥力 - 测定
②施肥 - 配方 IV. ①S158.2②S147.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 084588 号

责任编辑 张志花

责任校对 马广洋

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106636 (编辑室) (010)82109702 (发行部)
(010)82109709 (读者服务部)

传 真 (010)82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京昌联印刷有限公司

开 本 850mm × 1168mm 1/32

印 张 9.125

字 数 240 千字

版 次 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价 34.00 元

新型职业农民培育工程通用教材

《测土配方科学施肥技术》

编 委 会

主 编 黄 玲 曹银萍 孙好亮

副主编 陶 烨 王 昊 陈菊光

袁建江 贺才明 谷云松

编 者 黄 玲 曹银萍 孙好亮

陶 烨 王 昊 陈菊光

袁建江 贺才明 谷云松

董伟杰 李 磊 权国强

李晓清 段学东

前 言

测土配方施肥技术以土壤测试和肥料田间试验为基础，根据作物需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应，在合理施用有机肥料的基础上，提出氮、磷、钾及中量元素、微量元素等肥料的施用数量、施肥时期和施用方法。通俗地讲，就是在农业科技人员指导下科学施用配方肥。测土配方施肥技术的核心是调节和解决作物需肥与土壤供肥之间的矛盾。同时，有针对性地补充作物所需的营养元素，作物缺什么元素就补充什么元素，需要多少就补多少，实现各种养分的平衡供应，满足作物的需要，达到提高肥料利用率和减少用量、提高作物产量、改善农产品品质、节省劳力、节支增收的目的。

笔者根据自己从事科学研究、教学培训工作的实践与体会，查阅参考了大量的相关文献和书籍完成了本书的编写。本书共分5章，分别从作物需肥规律、作物配方施肥技术和作物配方施肥案例等，系统、全面地阐述了测土配方施肥技术内容、测土配方施肥技术方法、主要粮食作物配方施肥技术、主要经济作物配方施肥技术、主要蔬菜配方施肥技术和主要果树配方施肥技术。全书结构严谨，科学性、实用性强，技术先进成熟，可操作性强，

技术要点明确，叙述简单清晰，语言通俗易懂，案例部分参考利用价值较高。对农业科技人员、农民朋友以及肥料生产、经营者的测土配方在生产实践中的应用具有重要指导意义。

由于笔者水平有限，书中不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2016 年 4 月 2 日

目 录

第一章 测土配方施肥技术概论	(1)
第一节 测土配方施肥概述	(2)
第二节 测土配方施肥的基本原理	(6)
第三节 测土配方施肥的方法	(10)
第四节 测土配方施肥方案的制订和实施	(27)
第二章 主要粮食作物测土配方施肥技术	(31)
第一节 小麦配方施肥技术	(31)
第二节 水稻配方施肥技术	(44)
第三节 玉米配方施肥技术	(57)
第四节 马铃薯配方施肥技术	(67)
第五节 谷子配方施肥技术	(73)
第六节 荞麦配方施肥技术	(77)
第七节 高粱配方施肥技术	(80)
第三章 主要经济作物测土配方施肥技术	(84)
第一节 棉花配方施肥技术	(84)
第二节 大豆配方施肥技术	(92)
第三节 油菜配方施肥技术	(97)
第四节 花生配方施肥技术	(102)
第五节 烟草配方施肥技术	(107)
第六节 茶树配方施肥技术	(112)
第七节 甘蔗配方施肥技术	(117)

第四章 主要蔬菜测土配方施肥技术	(122)
第一节 根菜类蔬菜配方施肥技术	(122)
第二节 白菜类蔬菜配方技术	(127)
第三节 绿叶蔬菜配方施肥技术	(135)
第四节 葱蒜类蔬菜配方施肥技术	(142)
第五节 茄果类蔬菜配方施肥技术	(151)
第六节 瓜类蔬菜配方施肥技术	(160)
第七节 豆类蔬菜配方施肥技术	(183)
第八节 薯芋类蔬菜配方施肥技术	(192)
第九节 水生蔬菜配方施肥技术	(200)
第五章 主要果树测土配方施肥技术	(206)
第一节 核果类果树配方施肥技术	(206)
第二节 仁果类果树配方施肥技术	(224)
第三节 浆果类果树配方施肥技术	(238)
第四节 坚果类果树配方施肥技术	(251)
第五节 柑果类果树配方施肥技术	(258)
参考文献	(267)
附录	(273)
附录 1 主要作物单位产量养分吸收量	(273)
附录 2 主要有机肥的养分含量	(275)
附录 3 配方施肥效应田间试验	(278)
附录 4 农作物缺素症诊断方法口诀	(283)



第一章 测土配方施肥技术概论

与 20 世纪 60—70 年代相比,近年来农业生产上化肥的增产效果明显下降。造成化肥肥效降低的原因虽是多方面的,但盲目施肥、施肥量偏高或养分比例失调是一个主要原因。因此,如何经济合理施肥、提高肥料的经济效益,是当前农业生产中迫切需要解决的问题。运用科学方法确定经济施肥量是当前施肥技术的中心问题,也是配方施肥决策的一项重要内容。

测土配方施肥以土壤测试和肥料田间试验为基础,根据作物需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应,在合理施用有机肥料的基础上,提出氮、磷、钾及中、微量元素等肥料的施用数量、施用时期和施用方法。测土配方施肥技术的核心是调节和解决作物需肥与土壤供肥之间的矛盾,有针对性地补充作物所需的营养元素,作物缺什么元素补什么元素,需多少补多少,实现各种养分的平衡供应,满足作物需要,达到提高肥料利用率和减少用量、提高作物产量、改善农产品品质、节省劳力、节支增收的目的。

在目前和未来,我国的测土配方施肥就是农业科技人员开展测土配方施肥工作,指导农户科学施用配方肥。其中既要突出测土、配方、施肥技术指导等环节的公益性,又要明确配方肥生产、供应等环节的经营性,坚持以政府为主导、科研为基础、推广为纽带、企业为主体、农民为对象的科学施肥体系。对于提高作物产量、降低成本、提高肥料利用率、保持农业生态环境、保证农产品安全,实现农业可持续发展都具有深远的影响和意义。

第一节 测土配方施肥概述

一、测土配方施肥的意义

(一) 提高作物产量，保证粮食生产安全

肥料的选择和配比是农业生产的一个重要问题，通过土壤养分测定，根据作物需要，正确确定施用肥料的种类和用量，才能不断改善土壤营养状况，使作物获得持续稳定的增产，从而保证粮食生产安全。中国农业科学院在全国进行的试验示范结果表明：通过测土配方施肥，水稻平均增产 15.0%、小麦增产 12.6%、玉米增产 11.4%、大豆增产 11.2%、蔬菜增产 15.3%、水果增产 16.2%。同时通过测土配方施肥，可以有效地诊断出当地限制作物产量的养分因子。

(二) 降低农业生产成本，增加农民收入

据统计我国每年用于化肥的投入约为 2 000 亿元，肥料在农业生产资料的投入中约占 50%，化肥施用总量约占全世界化肥用量的 1/3。但是我国化肥利用率却低于发达国家的肥料利用率，如氮肥的当季利用率为 30% 左右，磷肥为 20% 左右，钾肥为 40% 左右。肥料中不能被作物吸收利用的，在土壤中发生挥发、淋溶和固定。在肥料的损失中，很大程度上是因为不合理施肥。因此，提高肥料利用率，减少肥料的浪费，对降低农业生产成本、提高农业生产的效益至关重要。

(三) 节约资源，保证农业可持续发展

化肥的生产是以消耗大量能源为代价的，我国氮肥合成需要天然气或原煤，磷肥生产需要磷矿，钾肥大部分依赖进口，以后资源耗竭的矛盾必然会影响肥料的生产。因此，采用测土配方施肥技术，提高肥料的利用率也是构建节约型社会的具体体现。据

测算,如果氮肥利用率提高 10%,则可以节约 $2.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气或节约 $3.75 \times 10^6 \text{ t}$ 的原煤。在能源和资源极其紧缺的时代,进行测土配方施肥具有非常重要的现实意义。

(四) 减少污染,保护农业生态环境

不合理的施肥会造成肥料的大量浪费,而且浪费的肥料进入环境中,会造成大量原料和能源的浪费,生态环境的破坏,如氮、磷的大量流失会造成水体的富营养化。资料显示,我国集约化农区化肥过量施用以及有机资源浪费会导致生态环境恶化,水体污染严重,全国近 70% 的淡水湖泊达到富营养化。根据报道,我国北方集约区 20 个县 600 多个样点 45% 地下水硝酸盐含量超标。所以,使施入土壤中的化学肥料尽可能多地被作物吸收,尽可能减少在环境中的滞留,对保护农业生态环境是十分有益的。

综上所述,测土配方施肥不仅影响农业生产效益、粮食安全生产,同时也涉及资源 and 环境等一系列社会问题。

二、测土配方施肥的内容

测土配方施肥技术包括测土、配方、配肥、供应、施肥指导 5 个核心环节,田间试验、土壤测试、配方设计、校正试验、配方加工、示范推广、宣传培训、效果评价、技术创新 9 项重点内容。

(一) 田间试验

田间试验是获得作物最佳施用量、施肥时期、施肥方法的根本途径,也是筛选、验证土壤养分测试技术、建立施肥指标体系的基本环节。通过田间试验,掌握各个施肥单元不同作物的优化施肥量,基肥和追肥的分配比例,施肥时期和施肥方法;摸清土壤养分校正系数、土壤供肥量、作物需肥参数和肥料利用率等基本数据;构建作物施肥模型,为施肥分区和肥料配方提供依据。

（二）土壤测试

土壤测试是制定肥料配方的重要依据之一。随着我国种植业结构的不断调整，高产作物品种不断涌现，施肥结构和数量发生了很大的变化，土壤养分分布也发生了明显改变。通过开展土壤养分（包括大、中、微量元素）测试，可以了解土壤供肥能力状况。

（三）配方设计

肥料配方设计是测土配方施肥工作的核心。通过总结田间试验、土壤养分数据等，划分不同区域施肥分区；同时，根据气候、地貌、土壤、耕作制度等的相似性和差异性，结合专家经验，提出不同作物的施肥配方。

（四）校正试验

为保证肥料配方的准确性，最大限度地减少配方肥批量生产和大面积应用中存在的风险，在每个施肥分区单元设置配方施肥、习惯施肥和空白不施肥3个处理，以当地主要作物及主栽品种为研究对象，对比配方施肥的增产效果，校验施肥参数，验证并完善肥料配方，改进测土配方施肥技术参数。

（五）配方加工

配方落实到农户田间是提高和普及测土配方施肥技术的最关键环节。目前，主要运作模式是市场化运作、工厂化加工、网络化经营。这种模式适应我国农村农民科技素质低、土地经营规模小、技物分离的现状。

（六）示范推广

通过示范让农民亲眼看到实际效果，才能使测土配方施肥技术真正落实到田间。因此，建立测土配方施肥示范区，为农民创建窗口，树立样板，全面展示测土配方施肥技术效果，是推广前要做的重要工作。

（七）宣传培训

测土配方施肥技术宣传培训是提高农民科学施肥意识、普及技术的重要手段。要利用一切措施向农民传授科学施肥的方法、技术和模式，同时还要加强对各级技术人员、肥料生产企业、肥料经销商及相关领导的系统培训，逐步建立技术人员和肥料商持证上岗制度。

（八）效果评价

农民是测土配方施肥技术的最终执行者和落实者，也是最终受益者。为了科学地评价测土配方施肥的实际效果，需要对一定区域进行动态调查，及时获得农民的反馈信息，检验测土配方施肥的实际效果，从而不断完善管理体系、技术体系和服务体系。

（九）技术创新

技术创新是保证测土配方施肥工作长效性的科技支撑。需要重点开展田间试验方法、土壤养分测试技术、肥料配制方法、数据处理方法等方面的创新研究工作，来不断地提升测土配方施肥技术水平。

三、测土配方施肥遵循的原则

经过多年的实践和我国的国情，测土配方施肥工作应遵循以下原则。

（一）有机肥与化学肥料相结合

我国农业生产中有施用有机肥的悠久历史，有机肥有许多优点，有机质含量高，养分多元化，肥效时间长，提高土壤的保肥、供肥能力，还能改善土壤结构。同时也存在养分当季利用率低，施用量大等缺点。而化学肥料见效快，养分含量高，但肥效短。而有机肥与化肥配合的培肥地力和增产效果要明显优于二者单施，具体表现：化肥可以提供为作物生长发育所需的速效养分，缓解有机肥前期养分释放较慢的不足；化肥尤其是氮肥的施

用有利于降低有机肥较高的碳氮比 (C/N)，使之容易被微生物分解，加速了有机肥的分解利用，加强培肥土壤的效果；有机肥的施用可以提高化肥的利用率。如可促进化学氮肥的生物固定，减少无机氮的硝化及反硝化作用，从而降低氮的损失。有机肥腐解产生的有机酸能活化土壤磷，并减少磷肥和微量元素在土壤中的固定，因而提高了土壤中磷及微量元素的有效性。

(二) 大量、中量、微量元素配合

根据作物营养元素的同等重要和不可替代律，在我国目前耕地高度集约利用的情况下，多种元素同时缺乏常常出现在同一田块中。因此，必须强调氮、磷、钾肥的相互配合，并补充必要的中、微量元素，才能获得高产稳产。除了氮、磷、钾肥料，人们更加重视中、微量元素肥料的配合施肥，真正做到平衡施肥。目前，我国 51.1% 耕地土壤缺锌，34.5% 土壤缺硼，46.8% 土壤缺钼。我国北方的石灰性土壤缺锌；草甸土和白浆土缺硼；黄土和黄河冲积物发育的各种石灰性土壤缺钼；南方区包括红壤、赤红壤、黄壤和紫色土等土壤严重缺硼。淋溶作用强的沙土及有机质过高的沼泽土和泥炭土缺钼。另外，我国南方地区的缺硫、缺镁耕地面积不断增加也应引起重视。

(三) 用地和养地相结合，投入与产出相平衡

只有坚持用地与养地相结合，投入与产出相平衡，才能保障作物—土壤—肥料的物质和能量良性循环，才不至于破坏或消耗土壤肥力，才能保障农业再生产的可持续能力。

第二节 测土配方施肥的基本原理

测土配方施肥需要综合考虑作物、土壤和肥料之间的相互联系，为了补充发挥肥料的增产效益，施肥必须是选用良种、肥水管理、种植密度、耕作制度和气候变化等影响肥效的诸因素

结合,形成一套完整的施肥技术体系。因此,测土配方施肥的基本原理包括测土配方施肥的理论依据、作物的需肥规律和土壤的供肥特性3个方面。

一、测土配方施肥技术的理论

测土配方施肥是以养分归还(补偿)学说、最小养分律、同等重要律、不可代替律、肥料效应报酬递减律和因子综合作用律等为理论依据,以确定养分的施肥总量和配比为主要内容。

(一) 养分归还学说

土壤虽是个巨大的养分库,每年种植农作物带走了大量的土壤养分,并不是取之不尽、用之不竭的,必须通过施肥,把某些作物带走的养分“归还”土壤,才能保持土壤有足够的养分供应容量和强度。目前,农业生产每年投入农田的主要是氮素化肥,而磷、钾素和中微量养分元素归还不足。

作物产量的形成有40%~80%的养分来自土壤,但不能把土壤看作一个取之不尽、用之不竭的“养分库”。为保证土壤有足够的养分供应容量和强度,保持土壤养分的携出与输入间的平衡,必须通过施肥这一措施来实现。依靠施肥,可以把作物吸收的养分“归还”土壤,确保土壤肥力。

(二) 最小养分律

植物生长发育要吸收各种养分,但是决定作物产量的却是土壤中那个含量最小的养分,产量也在一定限度内随这个因素的增减而相对地变化。因而忽视这个限制因素的存在,即使较多地增加其他养分也难以再提高作物产量,称作最小养分率。只有增加最小养分的量,产量才能相应提高。经济合理的施肥方案,是将作物所缺的各种养分同时按作物所需比例相应提高,作物才会高产。

（三）报酬递减律

从一定土地上所得的报酬，随着向该土地投入的劳动和资本量的增大而有所增加，但达到一定水平后，随着投入的单位劳动和资本量的增加，报酬的增加却在逐步减少。在其他技术条件相对稳定的前提下，随着施肥量的逐渐增加，作物产量也随之增加，但作物的增产量却随着施肥量的增加而逐渐递减。当施肥量超过一定限度后，如再增加施肥量，不仅不能增加产量，反而会造成减产。当施肥量超过适量时，作物产量与施肥量之间的关系就不再是曲线模式，而呈抛物线模式，单位施肥量的增产会呈递减趋势。采取新的技术措施，改善生产条件，合理施肥，提高肥料的经济效益，达到增产、增收的目的。

（四）不可替代律

作物需要的各营养元素，在作物内都有一定功效，相互之间不能替代。对农作物来讲，不论大量元素或微量元素，都是同样重要缺一不可的。如缺磷不能用氮代替，缺钾不能用氮、磷配合代替。微量元素与大量元素同等重要，仍会影响某种生理功能而导致减产，不能因为需要量少而忽略。如玉米缺锌导致植株矮小而出现花白苗，水稻苗期缺锌造成僵苗，棉花缺硼使得蕾而不花。缺少什么营养元素，就必须施用含有该元素的肥料进行补充。

（五）环境因子综合作用律

作物产量高低是由影响作物生长发育的各个因子综合作用的结果，但其中必有一个起主导作用的限制因子，产量在一定程度上受该限制因子的制约。为了充分发挥肥料的增产作用和提高肥料的经济效益，一方面，施肥措施必须与其他农业技术措施密切配合，发挥生产体系的综合功能；另一方面，各种养分之间的配合作用，也是提高肥效不可忽视的问题。

施肥是农业生产中的一个重要环节，可用函数式来表达作物

产量与环境因子的关系： $Y=f(N, W, T, G, L)$ ， Y ——农作物产量， f ——函数的符号， N ——养分， W ——水分， T ——温度， G —— CO_2 浓度， L ——光照。此式表示农作物产量是养分、水分、温度、 CO_2 浓度和光照的函数，要使肥料发挥其增产潜力，必须考虑到其他 4 个主要因子，如肥料与水分的关系，在无灌溉条件的旱作农业区，肥效往往取决于土壤水分，在一定的范围内，肥料利用率随着水分的增加而提高。五大因子应保持一定的均衡性，方能使肥料发挥应有的增产效果。

二、作物的需肥规律

作物在整个生育期中，除萌发靠种子进行营养和生育末期根部停止吸收养分外，其他生长发育过程都要从土壤中吸收养分，由于作物种类不同，各生育期生长特点不同，因此，对营养元素的种类、数量和比例等都有不同要求。

（一）作物营养临界期

这个时期是植物在生长发育过程中，某种养分缺乏或过多时对作物影响最大的时期。在这个时期，作物对养分的需要绝对数量虽然不多，但很迫切，此时期养分缺乏或过多造成的损失，即使在以后该养分供应正常时也很难弥补。如供应量不能满足植物的要求，会使生长发育受到很大影响，以后很难弥补损失。例如，水稻的磷素营养临界期是在幼苗期。掌握植物营养临界期，适时施用肥料，是使植物生长发育良好的重要措施之一。

（二）作物营养最大效率期

作物营养最大效率期是指植物生长阶段中所吸收的某种养分能发挥最大增产效能的时期。此时期一般出现在作物生长发育的旺盛期。这个时期根系吸收养分的能力最强，植株生长迅速，生长量大，需肥量最多，因此，为使作物高产，应及时补充养分。

各种作物的营养最大效率期并不一致。如甘薯在生长初期氮