

农民增收百项关键技术丛书

测土配方施肥关键技术

(彩插版)

刘 枫 王咏香 编著

中国三峡出版社农业科教出版中心

图书在版编目 (CIP) 数据

测土配方施肥关键技术/ 刘枫, 王咏香编著. —北京:
中国三峡出版社, 2006.1

(农民增收百项关键技术丛书/ 袁隆平, 官春云主编)

ISBN 7 - 80223 - 089 - 6

. 测... . 刘... . 王... . 施肥 - 配方
. S147.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 143271 号

责任编辑: 林燕青

印前审读: 江 丽

中国三峡出版社农业科教出版中心

(北京市海淀区太平路 23 号院 12 号楼 100036)

联系电话: (010) 68218553; 68216779

<http://www.e-zgsx.com>

E-mail: sanxianongye@sina.com

北京东海印刷有限公司印制 新华书店经销

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1028 1/32 印张: 5

字数: 81 千 彩色插页: 8P

ISBN 7 - 80223 - 089 - 6 定价: 8.00 元

目 录

第一章 土壤与肥料.....	(1)
一、作物与肥料.....	(1)
二、土壤与肥料.....	(3)
三、科学施肥的基本规律.....	(8)
第二章 测土施肥	(11)
一、测土施肥基本知识	(11)
二、测土后施肥配方的制订方法	(16)
第三章 肥料的种类	(26)
一、化肥	(26)
二、有机肥	(47)
三、微量元素与其他肥料	(54)
第四章 肥料的合理施用	(61)
一、化肥的合理施用	(61)
二、有机肥的合理施用	(65)
三、肥料的混合施用	(69)
第五章 粮油作物施肥关键	(72)
一、水稻	(72)
二、玉米	(79)
三、小麦	(82)
四、谷子和高粱	(86)
五、甘薯	(87)

六、油料作物	(90)
第六章 经济作物施肥关键	(99)
一、棉花	(99)
二、麻类作物.....	(102)
三、糖料作物	(105)
四、烟草.....	(107)
五、茶树.....	(109)
六、桑树.....	(110)
第七章 瓜菜施肥关键.....	(111)
一、大宗蔬菜.....	(111)
二、其他蔬菜.....	(114)
第八章 果品树施肥关键.....	(131)
一、苹果.....	(131)
二、梨.....	(132)
三、葡萄、桃、杏、李、樱桃、山楂、猕猴桃	(133)
四、南方水果.....	(137)
五、其他果品.....	(143)

第一章 土壤与肥料

在农业生产中，土壤和肥料是两个最基本的要素。测土配方施肥是这两个要素之间相辅相成的有机结合。

一、作物与肥料

(一) 不同作物需要的养分与施肥关系

不同作物或同一作物不同品种需要的营养元素不同，主要在数量、比例、时间，以及对某些特殊元素的需求方面。如每生产 100 公斤小麦需吸收氮 2.6 公斤、五氧化二磷 0.96 公斤、氧化钾 2.9 公斤、氧化钙 0.59 公斤，氮、磷、钾、钙养分之间的比例大致是 1 0.36 1.1 0.22。大豆每 100 公斤产量吸收氮 7.2 公斤、五氧化二磷 1.3 公斤、氧化钾和氯化钙均为 3 公斤，氮、磷、钾、钙养分之间的比例大致为 1 0.2 0.4 0.4。烤烟每 100 公斤需吸收氮 3.6 公斤、五氧化二磷 1.1 公斤、氧化钾 4.8 公斤、氧化钙 2.76 公斤，养分的比例为 1 0.3 1.3 0.77。棉花每 100 公斤需吸氮 12.1 公斤、五氧化二磷 5.91 公斤、氧化钾 13.62 公斤，氮、磷、钾养分的比例为 1 0.48 1.12。

由于受遗传基因不同的影响，除此以外某些作物还需一些特殊元素，如水稻需要硅，大豆需要钴等。作物需要养分不同的这些特点，为作物有针对性地配方施肥提供了

科学依据。

（二）作物不同生育阶段吸收养分的特点

作物的需肥特性不同，还表现在不同生育阶段对养分的需求量和需肥比例，以及对养分的敏感程度方面。作物营养的阶段性和阶段性，实际上可分为营养生长阶段和生殖生长阶段。一般生长初期为营养生长阶段，吸收养分的数量和强度较小，而且吸收氮的比例稍高。至生长发育旺盛期，营养生长与生殖生长并进期，吸收养分的数量、强度明显增加，而且吸收磷、钾的比例增高。至成熟期为生殖生长阶段，吸收养分逐渐缓慢，数量减少，仍有部分氮、磷养分被吸收。

在作物生长发育过程中，还有 2 个重要的需肥时期，即作物营养临界期和最大效率期。作物营养临界期，是指某个时期，作物对某种养分的需求量并不多，但却很敏感，若缺乏这种养分，作物生长严重受抑制，即使以后养分供应正常也很难纠正和弥补。如磷的营养临界期，小麦在开始分蘖始期，玉米在 5 叶期以前，棉花在 2~3 叶期。氮的营养临界期一般晚于磷。小麦在分蘖和幼穗分化期，棉花在现蕾期。钾的营养临界期，水稻在分蘖初期和幼穗形成期。

作物营养最大效率期，是指作物对某种养分的需要，无论是速度和数量都是最大的，是肥料的增产效果最好的时期。这一时期多在作物生长旺盛时期，如小麦氮素最大效率期在拔节至抽穗期，玉米氮素最大效率期在喇叭口至抽雄初期，棉花氮、磷最大效率期均在花铃期，而甘薯氮的最大效率期在生长初期，磷、钾在块根膨大期。

作物对养分的吸收虽然有明显的阶段性，然而又是连续性的，在作物施肥中应依据不同情况灵活运用。

二、土壤与肥料

(一) 土壤养分与施肥关系

1. 土壤养分。土壤含有作物需要的各种养分，按其溶解的难易程度和对作物的有效性，可分成5种类型。

(1) 水溶性养分。指溶解在土壤溶液中的各种养分，作物是可以直接吸收利用，对作物是高度有效的。

(2) 交换性养分。指土壤复合胶体上吸附的各种养分。它们是水溶性养分补给的来源，作物通过根系离子交换吸收。

(3) 缓效性养分。指土壤矿物中较易分解释放出来的养分，是有效养分的贮备。

(4) 难溶性养分。指土壤矿物中难以分解，不易被作物吸收利用的养分。但这种养分土壤中的含量很高，是作物养分的贮备和来源。

(5) 有机态养分。有机质中含有大量的有机化合物，必须经微生物分解之后，才能被作物吸收利用。微生物在其生命活动过程中，吸收土壤中有效养分，待微生物死亡分解之后，这些养分很快释放出来，被作物吸收。由于有机态养分比难溶矿物中的养分容易释放被作物吸收，因此常把这种养分的大部分作为是有效的。

在农业生产中，通过各种农业措施，如改善土壤温度、水分、通气、酸碱度，可以加速土壤难溶性养分向速效易溶方向转化，提高土壤有效养分的含量，有利于减少

施肥量，提高施肥的经济效益。

2. 培肥土壤的措施。通常培肥土壤可以采取下述途径：

(1) 搞好农田基本建设。根据制约土壤肥力提高的主要因素，因地制宜地采取各种农田基本建设措施治水改土，在改造土壤环境的基础上，培肥土壤，使土壤肥力不断提高。

(2) 利用生物改土。植树造林保持水土，涵养水源，调节雨量，减少水、旱灾害，为培肥土壤建立稳固基础。利用绿肥培肥地力，是用地养地，改良土壤理化性状的有效措施。

(3) 增肥改土。农家肥能够改良土壤的理化性状及耕作性能，增施农家肥，提高土壤肥力。

(4) 耕作改土。深耕能加厚土壤耕作层，改善土壤结构。采取以深耕为中心的耕、耙、磨、压等耕作措施，加速生土熟化，定向培肥土壤。

(5) 客土改土。采用开沟淋碱，沙土掺泥和旱改水田等方法，变沙碱地为良田。

(6) 轮作倒茬。合理作倒茬可使土壤中的养分、水分得到合理利用，充分发挥生物养地、培肥和增产的良好作用。同时还可以减少病虫害对作物的为害，促进丰产丰收。

(二) 影响施肥的环境因素

1. 砂土施肥。砂土是肥力较低的一种土壤。其有机质和各种养分含量均较低。由于砂土土壤中的黏粒含量少，保肥能力差，养分易流失。但砂土有良好的通透性能，供肥好，施肥后见效快，肥劲猛却短，没后劲。正如

人们常说的“砂土发小苗，不发老苗”，确切地反映砂土的供肥特性。

砂土应大量增施有机肥，提高土壤有机质的含量，改善土壤的理化性状，增强保肥能力。砂土的通气状况良好，土性暖，有机质易分解，所以增施有机肥可增加砂土供肥的后劲，防止作物后期脱肥。

砂土施用化肥，因其肥劲猛，缓冲能力差，若一次施量过多，容易引起烧苗或养分流失。因此，砂土施用化肥应“少吃多餐”，分次少量施肥。化肥与有机肥配合施用，可明显提高肥效。砂土施用碳铵时，应掺和少量黏土，以提高碳铵的肥效。

2. 黏土施肥。黏土供肥特性与砂土不同。黏土的有机质含量高，保肥性能强，养分不易流失。但黏土供肥慢，施肥后见效慢，肥劲长，土壤紧实，通透性差，作物生根也难。群众称这种土壤“发老苗不发小苗”。这种土壤土性冷，有机质分解矿化慢，所以应施用充分腐熟的农家肥料。施用化肥时，因土壤的缓冲容量大，保肥性能强，一次多施不至于造成烧苗或养分流失。但氮肥不能过多施用，以免后期因肥效过分发挥，使作物贪青晚熟，从而导致减产。

黏土土质较黏，黏粒含量高，对养分的吸附固定能力强，而且土壤溶液中的养分扩散速度慢。因此，要掌握好化肥施用的位置，如磷肥和钾肥应尽量靠近作物根系，并且及时浇水，以水调肥，提高肥效。

3. 旱地土壤施肥。旱地土壤水分供应不足，阻碍养分在土壤溶液中向根表面迁移，影响作物对养分的吸收利

用。应大量增施有机肥，增加土壤团粒结构，改善土壤的通透性，使土壤内部大小孔隙配合得当。这样既可保留大量有效水分，又可使土壤多余水分及时下渗，还能防止地表雨水的径流损失，从而提高土壤蓄水和保水能力，使得更多的水分供应农作物。

氮、磷、钾肥应配合施用。旱地因水分供应不足，施肥效果差，特别是磷和钾，在干旱条件下植物更易缺乏。养料配合适当，能促进作物的根早发、快长和根在土体中的伸展，以及地上部分的生长发育，从而扩大根系与土体接触面积，增强作物对水分和养分的吸收能力，使得形成干物质的水分减少，提高土壤水分的利用率和施肥效果。

4. 盐碱土施肥。盐碱土是盐土和碱土的总称。盐土主要指含氯化物或硫酸盐较高的盐渍化土壤，土壤呈碱性，但pH值不一定很高。碱土是含碳酸盐或重碳酸盐土壤，pH值较高，土壤呈碱性。盐碱土的有机质含量少，土壤肥力低，理化性状差，对作物有害的阴、阳离子多，作物不易捉苗。

盐碱土的施肥原则是，以增施有机肥为主，适当控制化肥施用。有机肥中含有大量的有机质，可增加土壤对有害阴、阳离子的缓冲能力，有利于发根、保苗。在有条件的地方，可以大量种植耐盐碱的绿肥，以减轻盐碱的为害。

化肥施用不宜过多，以避免加重土壤的次生盐渍化。化肥应分次少量施用，并结合施用有机肥。施化肥时应及时灌水，以降低土壤溶液浓度。盐碱地应增施磷肥，适量施用氮肥，少施或不施钾肥，因为盐碱土一般不缺钾。碱

性土应施用酸性肥，如过磷酸钙、硫酸铵等含硫酸根的肥料，这样对改良土壤有利。盐土施生理中性肥，可去除对作物有害的阴、阳离子。

5. 气象条件与施肥。作物生长在自然环境中，时时刻刻受着气候条件的影响。影响施肥的主要气象因素有光照、温度和降雨。光照条件不同，即使施用同样的肥料，作物的生长和对肥料吸收差异也很大。光照充足、光合作用强度大，吸收的能量和养料多，施用效果明显。否则相反。

温度对作物吸收养分有较大的影响。一方面直接影响作物根系的生长发育；另一方面影响土壤中养分的转化和根系对肥料吸收的速度和数量。在 $2\sim 40$ 范围内，随着温度的升高，吸收养料的速度加快，数量增多，超过 40 则作物吸收养料的速度减慢。不同的作物，适宜的温度也不同，棉花为 $28\sim 30$ ，玉米为 $25\sim 30$ ，水稻为 $30\sim 32$ 。当温度下降至 16 时，吸收速度明显下降。

水分也是影响施肥的一个重要因素。河南省降雨量 $600\sim 1200$ 毫米以上，由南向北逐渐减少，因此土壤中的水分差异较大，而且在气象因素中光照、温度、降雨往往是互相联系的。降雨多，温度、光照减低，土壤水分含量高，养分易流失；降雨过少，土壤干旱，作物生长缓慢，对养分的吸收不利。只有水分适宜的条件下，才能充分发挥施肥的增产效果。因此，应根据生产条件和气候因素综合考虑进行合理施肥。

6. 农业技术措施与施肥的关系。复种指数、密植、土壤耕作、浇水和病虫害防治等农业技术与施肥关系极为密

切。复种指数提高，产量增加，作物吸收和带走的养分增多，施肥量应相应地增加。特别是大量增施有机肥，才能满足前茬肥后茬用或一茬施肥多茬用的要求。

密植可增加作物从土壤中吸收养分数量，施肥量应相应增加。但施肥量充足，促进植物的生长发育，会使植株高大或群体增多，为防止徒长，必须实行合理密植。

土壤耕作有利于改善土壤的水、肥、气、热状况，促进微生物的活动及物理风化作用，可增加土壤中有效养分的含量。如水稻与小麦轮作，通过冬耕等增加土壤有效钾的释放量，便可适当减少钾肥用量。

浇水可调节水温、土温，可活化土壤养分，促进作物对养分的吸收与利用，提高施肥效果。另外，还可调节作物生长，做到促控结合、生长协调。

适当施肥可减少病虫害的发生。及时正确防治病虫，可促进作物健壮生长，增加对养分的吸收，提高施肥的增产效果。

三、科学施肥的基本规律

（一）最小养分律

最小养分律是作物营养学中的一条基本定规律。它的基本含意是，在作物多种必需养分中，对其生长和产量起决定作用的是土壤中那种有效养分含量最小的养分。如果无视作物需要的这种养分含量最小的限制因子，其他养分再高，也难以提高作物的产量。而只有增加最小养分的含量，产量才能随之提高。农业生产实践充分证明，最小养分律对于合理施肥，促进农业发展具有重要的指导意义。

解放初期，土壤普遍缺氮，氮素就是当时限制产量提高的最小养分，所以增施氮肥增产效果非常显著。而在这种缺氮土壤上施用磷、钾肥，却没有明显的效果。到了20世纪70年代，由于长期“重氮轻磷”，磷肥施用量极少，因而土壤中有效磷的含量因作物消耗而降至最低，于是磷就成为限制产量提高的最小养分，约80%的土壤处于缺磷状态。在这种情况下，氮肥的增产效果明显下降，而磷肥的增产效果十分显著。此后，又出现了“重氮、磷，忽视钾”的倾向，致使近年来土壤中有效钾的含量呈明显降低趋势，不少地区作物出现缺钾症状或潜在缺钾，限制了作物产量的提高，钾又成为了最小养分，因而施用钾肥的增产效果表现的特别突出。由此可见，随着生产发展和施肥管理的影响，最小养分是不断变化的，而且最小养分不一定全都是大量元素，对某些土壤或某些作物来说，也可能是微量元素。因此，在施肥实践中，应特别重视最小养分律的运用，根据土壤有效养分含量和作物需肥特点，做到合理施肥，平衡养分，以满足作物对各种养分的需要。

（二）报酬递减律

报酬递减律是反映肥料投入与产出的客观规律。在作物产量水平较低的情况下，施肥与产量的关系往往是直线关系，但随着施肥量的继续增加，施肥量与产量之间呈曲线关系或抛物线关系。其特点是，在同一生产条件下，随着施肥量的增加，产量随之增加，但是作物的增产量随施肥量的增加则逐渐递减，即为报酬递减律。而且当作物产量达到最高之后，再增加施肥量，不但不增产，反而引起

减产。这说明，在生产实践中并不是施肥越多就产量越高。如果不改变其他生产条件，一味追求高产而盲目超量施肥，必然会受到报酬递减律法则的惩罚。因此，运用这一规律对于克服盲目施肥，按一定生产条件下可能达到的最高产量，进行科学定量施肥具有重要的指导意义。

（三）因子综合作用律

农作物高产是综合因子共同作用的结果。施肥仅是增产技术措施之一。若能与其他农业措施相结合，便会充分发挥肥料的增产效果。同时，如何进一步提高肥效，还需利用各种养分之间相互增效的关系。即一种养分的存在，能促进对另外一种养分的呼吸，有相互协助作用，避免养分之间的拮抗作用，使一种养分吸收量高，抑制了对其他养分的吸收。为此，必须注重有机肥与化肥的配合。肥料中各种养分的配合，施用以及其他生产措施，如优良品种、灌水、防治病虫及化学促控等项技术的配合，使其互相促进，形成一个完整的与农业技术措施相适应的综合平衡的施肥技术体系，以取得肥料增产的“联效应”和综合效益。

第二章 测土施肥

一、测土施肥基本知识

(一) 测土配方施肥须知

测土配方施肥是在对土壤化验分析，掌握土壤供肥情况的基础上，根据种植作物需肥特点和肥料释放规律，确定施肥的种类、配比和用量，按方配肥，科学施用。测土配方施肥在农业生产中起着重要的作用。

测土配方施肥是一种科学的作物施肥管理技术，不只是通过化验室分析结果，开个“方子”就可以“抓药”的简单过程。它通过不同作物的肥料田间试验，了解肥料施用效果、作物生长状况和养分吸收过程及结果。田间试验是测土配方施肥的基础。

测土不是测定每个农户的每个地块的养分含量，而是在一定的范围内选择一些代表性的地块，测定养分含量，给出作物施肥方案，其他类似的地块参照代表性地块的施肥方案进行。配方的制定并不是针对某块地，而是针对某一特定区域。

能够带到田间地头，快速测试土壤养分的便携式仪器，称之为土壤养分速测仪。现在有一种但是这种仪器通常不能够十分准确地指导农民施肥。测土配方施肥中土壤

养分测试结果是个相对值，必须要有相配套的肥料田间小区试验建立施肥推荐指标体系。

（二）配方施肥与高产平衡施肥

1. 配方施肥。配方施肥是综合运用现代农业科技成果，根据作物的需肥规律、土壤供肥性能与肥料的增产效应，在施用有机肥的基础上，提出施用氮、磷、钾肥及微量元素的合理和量和比例，以及相应的施肥技术。配方施肥包括配方和施肥两部分。

配方方案设计就像医生诊疗病人一样对症开处方。这里介绍应用较为广泛的“目标产量”法或“以地定产，以产定肥法”来说明配方施肥的开方过程。本法是根据农作物目标产量的需肥量与土壤供肥量之差计算施肥量。计算公式为：

施肥量 =

$$\frac{(\text{目标产量} - \text{基础产量}) \times 100 \text{ 公斤产量养分吸收量}}{\text{肥料养分利用率} (\%) \times \text{肥料养分含量} (\%)}$$

例如，某块玉米地目标产量为 50 公斤，完全靠土壤供肥的产量为 300 公斤，100 公斤产量吸氮量为 2.4 公斤，尿素含氮量 46%，养分利用率为 40%，代入公式计算每亩应施多少尿素。

$$\text{尿素 (公斤/亩)} = \frac{(450 - 300)}{100} \times 2.4}{40\% \times 46\%} = 19.5 \text{ 公斤}$$

依此计算其他肥料的用量，即可设计出玉米的施肥配方。如果能测定土壤有效养分含量，除土壤能够供应数量以外，只补施供应不足的养分，则设计的施肥配方针针对性更强。

配方的实施，应根据作物的需肥特性、土壤供肥特点，以及肥料的性质，合理安排肥料的施用时间与方法。如黏土种植小麦，黏土有不发小苗，发老苗的特点，宜把配方肥 1 次施作底肥。如磷肥在土壤中移动性差，宜作底肥，分层施肥，集中于根系的密集层，以利于根系的吸收利用。总之，依具体情况，灵活运用。

2. 高产平衡施肥。高产平衡施肥是根据作物高产的需肥量和土壤的供肥状况，提出施肥种类、数量，同时结合轮作高产的需肥和前作施肥情况，统筹计算全年的施肥种类和数量，使土壤养分处于丰富的状态，能适时满足作物不同时期对养分的要求。从而实现季季作物高产、全年高产和持续增产。

平衡施肥首先须测定土壤养分的含量，根据有效养分的丰缺状态，补足所缺的养分，提高土壤全元素的供应水平。其次，在土壤肥力水平较高的前提条件下，建立全年土壤养分收、支平衡施肥体系，以维持并提高土壤肥力，防止某种养分的过多积累和流失而污染土壤，充分发挥肥料的最大增产效益和土地的最大增产潜力，并为超高产施肥提供施肥依据和技术。

（三）测土配方施肥的优点

1. 提高产量。在测土配方的基础上合理施肥，促进农作物对养分的吸收，可增加作物产量 5~20% 或更高。

2. 减少浪费、节约成本、保护环境。在测土配方施肥条件下，肥料品种、配比、施肥量等都根据土壤供肥状况和作物需肥特点确定，既能保持土壤均衡供肥，又能提高化肥利用率，降低化肥使用量，作物生长健壮，抗逆性