

核心农户培训丛书



新型肥料 施用技术

福建省农业“五新”推广工作办公室

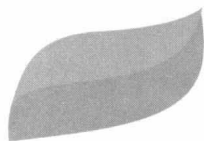
福建科学技术出版社

FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

核心农户培训丛书



新型肥料 施用技术



福建省农业“五新”推广工作办公室

“核心农户培训丛书”编委会名单

主编：陆 菁

编委：郑佳玉 陈 弁 赵 辉 陈 斌 林 超
林 晖 曾建国 潘慧瑾 林岐桦 吕佳敏
杨洪先 王乃化

本书主编：林新坚 章明清

本书编写人员：林新坚 章明清 王 飞 罗 涛
李 昱 李清华 蔡海松 陈济琛
林 诚 张 辉 张玉树 李卫华

福建科学技术出版社

FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

新型肥料施用技术/林新坚, 章明清主编. —福州: 福建科学技术出版社, 2009. 3

(核心农户培训丛书)

ISBN 978-7-5335-3292-5

I. 新… II. ①林…②章… III. 施肥—基本知识 IV. S147.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 009670 号

- | | |
|------|------------------------------------|
| 书 名 | 新型肥料施用技术
核心农户培训丛书 |
| 主 编 | 林新坚 章明清 |
| 出版发行 | 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001) |
| 网 址 | www.fjstp.com |
| 经 销 | 各地新华书店 |
| 排 版 | 福建科学技术出版社排版室 |
| 印 刷 | 福建省金盾彩色印刷有限公司 |
| 开 本 | 850 毫米×1168 毫米 1/32 |
| 印 张 | 4.875 |
| 插 页 | 2 |
| 字 数 | 120 千字 |
| 版 次 | 2009 年 3 月第 1 版 |
| 印 次 | 2009 年 3 月第 1 次印刷 |
| 书 号 | ISBN 978-7-5335-3292-5 |
| 定 价 | 10.00 元 |

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

庄稼一枝花，全靠肥当家。农业八字宪法中的头三个字是“土”、“肥”、“水”，都与施肥及肥效的发挥密切相关。从全世界平均结果看，肥料在粮食增产中的贡献率超过50%，也就是说假如增产100公斤粮食，则肥料的贡献率占50公斤，其他包括种子、水、农药、农业机械化等的贡献占一半。

20世纪90年代以来，我国农业用肥结构发生了较大变化，如传统氮、磷、钾单质化肥正逐渐被复混肥、掺混肥所取代，并继而发展为作物专用肥；一些农业废弃物经过处理后，成为精致有机肥或有机-无机复混肥；一些高效微生物制剂的应用，也大大提高了传统有机物料的堆肥速度及肥效。另外，旨在提高我国肥料利用率的缓控释肥也成为新型肥料研究与开发的热点。在施肥技术方面，随着精准农业的兴起，平衡施肥、测土配方施肥，还有灌溉施肥等新技术的推广应用，都大大提高了水肥资源的高效利用。上述新肥料、新技术的推广应用，首先得益于施肥理念的创新，如更加注重肥料利用率的提高，更加注重耕地质量的提升，更加注重农业资源的循环利用，更加注重环境友好与食品安全等，同时也得益于近年我国在新材料、肥料加工新工艺、计算机信息技术等方面所取得的科技成就。为此，我们组织了有关人员，结合近年在肥料应用研究方面的工作经验，系统总结了近年来我国正在推广应用和研发中的新型肥料及其施用技术，编写了这本《新型肥料施用技术》。需要指出的是，新型肥料至今还没

有统一的标准，本书中所阐述的新型肥料是指相对于传统的，在功能、剂型、所用原材料等有所变化或更新的，能够直接或间接地为作物提供养分的，改善土壤理化性质和生物学性质的，调节或改善作物生长的，能提高肥料利用率的，广义上的肥料、制剂等。

本书共分为五章，第一章合理施肥原理，介绍植物营养学基础；第二章新型肥料的种类、性质与施用，介绍我国目前发展的主要新型肥料，有专用肥、有机-无机复混肥、微生物肥料、叶面肥、控缓释肥及其他新型肥料、制剂；第三章肥料施用新技术，介绍平衡施肥、有机无机肥配施以及灌溉施肥技术；第四章肥料的识别与鉴定；第五章肥料的混合、存放与推广。

本书可作为农村肥料工作者和广大农户施肥应用方面的参考手册。在本书编撰过程中，参阅了大量资料，主要参考文献已在书中列出，在此向相关作者表示感谢。由于时间仓促及作者水平有限，书中错误难免。错漏之处恳请读者批评指正。

作者

2009.1

目 录

第一章 合理施肥原理	(1)
第一节 作物对养分需求与吸收	(1)
一、作物生长发育所必需的营养元素.....	(1)
二、作物对养分的吸收.....	(2)
第二节 合理施用肥料的依据	(5)
一、养分补偿学说.....	(5)
二、同等重要和不可代替律.....	(5)
三、最小养分律.....	(6)
四、报酬递减律.....	(7)
第二章 新型肥料的种类、性质与施用	(9)
第一节 配方肥	(10)
一、配方肥概念与特性.....	(10)
二、主要作物营养特性与配方肥施用.....	(11)
三、配方肥施用原则与注意事项.....	(21)
第二节 有机肥	(22)
一、有机肥的种类.....	(22)
二、有机肥的特殊功能.....	(25)
三、有机肥施用技术.....	(26)
四、农户发酵有机肥堆肥实例.....	(30)
第三节 有机-无机复混肥料	(31)
一、有机-无机复混肥概念与特性.....	(31)

二、有机-无机复混肥种类	(32)
三、有机-无机复混肥施用	(34)
第四节 微生物肥料	(35)
一、微生物肥料概念与特性	(35)
二、微生物肥料种类	(36)
三、微生物肥料的施用技术	(38)
第五节 叶面肥	(40)
一、叶面肥的种类	(41)
二、叶面肥的特点	(43)
三、叶面肥的施用技术	(45)
第六节 缓控释肥	(51)
一、缓控释肥料及其种类	(52)
二、缓控释肥料的施肥技术	(55)
三、缓控释肥料的应用效果与存在问题	(57)
第七节 其他新型肥料、制剂	(58)
一、有机物料腐熟剂	(59)
二、土壤调理剂	(60)
三、药肥	(65)
四、稀土肥料	(66)
第三章 肥料施用新技术	(69)
第一节 平衡施肥技术	(69)
一、平衡施肥概念与内容	(69)
二、实现平衡施肥所需考虑的因素	(70)
三、平衡施肥的主要技术模式	(72)
四、确定作物最佳施肥量的主要手段	(75)
五、琯溪蜜柚平衡施肥技术应用实例	(76)
第二节 有机无机肥配施技术	(79)

一、有机无机肥配施的意义	(79)
二、有机无机肥配施的作物和土壤效应	(80)
三、有机无机肥平衡配施技术发展方向	(81)
四、有机无机肥配施应用实例	(84)
第三节 灌溉施肥技术	(86)
一、灌溉施肥载体	(87)
二、选用设备	(88)
三、制定施肥方案	(90)
四、条件选择与配制肥料	(92)
五、监测水分和养分	(93)
第四章 肥料的识别与鉴定	(95)
第一节 肥料的识别	(95)
一、包装标识	(95)
二、常见的误导性标识	(96)
三、肥料标准	(96)
第二节 肥料的鉴定	(98)
一、简易鉴别方法	(98)
二、常见肥料的鉴定	(101)
第五章 肥料的混合、存放与推广	(105)
第一节 肥料的混合	(105)
一、不同化学肥料之间的混合	(105)
二、有机肥料与化学肥料的混合	(106)
第二节 肥料的包装与存放	(108)
一、肥料的包装	(108)
二、肥料的存放	(111)
第三节 新型肥料推广应用	(112)
一、福建省肥料应用发展现状	(113)

二、新型肥料推广模式及配套对策·····	(114)
附录1 部分新型肥料产品标准·····	(121)
附录2 绿色食品肥料使用准则(摘录)·····	(128)
附录3 常见作物营养缺素症状·····	(132)

第一章 合理施肥原理

第一节 作物对养分需求与吸收

一、作物生长发育所必需的营养元素

一般新鲜作物含有 75%~95% 的水分，5%~25% 的干物质。在干物质中绝大部分是有机化合物，约占 95%，无机化合物只占 5% 左右。干物质经加热燃烧后，其有机化合物部分几乎全部可被氧化分解，以二氧化碳、水、氮气等形式的气体逸出，留下的残渣，就是灰分。灰分含有几十种化学元素，有作物生长所必需的和非必需的营养元素。

根据试验研究，高等植物所必需的营养元素有：碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、硼、锰、铜、锌、钼及氯等 16 种元素。这 16 种必需营养元素，由于它们在作物体内含量不同，又可分为大量、中量和微量营养元素。

大量营养元素在作物体内约占干物重的千分之几到百分之几十。如碳、氢、氧、氮、磷、钾等。

中量和微量营养元素在作物体内约占干物重的千分之几到十万分之几。如钙、镁、硫、铁、硼、锰、铜、锌、钼及氯等。

氮、磷、钾三要素对作物固然重要，但是中、微量营养元素的重要性也不能忽视。尽管它们在作物中的含量相差百倍、千倍，甚至十万倍，但缺少其中任何一种微量元素，也会影响到作物的正常生长发育。缺氮会使叶绿素合成受阻，叶色失绿显黄，严重缺氮时，作物早衰，产量显著下降。只有增施氮肥，才能减轻其危害。在缺磷的土壤中，增施氮肥，作物也不能正常生长。硼元素一般占作物干物重的十万分之二，如果硼元素不足，作物就表现为花药和花丝萎缩，花粉管形成困难，出现“花而不实”、“穗而不实”的现象。其他营养元素施用再多也不能弥补损失。

二、作物对养分的吸收

（一）作物营养的选择性

作物吸收养分，主要是一个主动、有选择的吸收过程。常常因自身的营养特点和需要，对外界养分有高度的选择性。一般土壤中含有较多的硅、铁、锰等元素，而作物却很少吸收它们。相反，作物对土壤中有效形态含量较少的氮、磷、钾却有较多的要求。不同的作物栽培在同一种土壤上，它们所吸收的矿物质成分和总量会有很大的差别。如薯类作物需要钾量比禾本科作物多；豆科作物需钙量较多；叶菜类需要氮素较多。所以，施肥时必须考虑各种作物的营养特性。

（二）作物营养的阶段性的

作物通过根、茎、叶等器官大量吸收养分的整个时期，称为作物营养生理期。但作物不同的生长发育阶段，对营养元素的种类、数量的需要和各营养元素间的比例都不同，这就是作物营养

的阶段性的。

在作物生长发育过程中，有一时期对某些养分的要求绝对量虽然不多，但是缺乏或过多时，对作物生长发育会造成危害，即使以后补充也很难纠正或弥补，这个时期就是作物营养临界期。同一种作物对不同养分来说，其临界期也不完全相同。例如，玉米在出苗后一星期左右的幼苗期（三叶期），是从种子营养供应转向土壤营养供应的转折期。此时，作物种子中所贮藏的磷酸接近用完，而根系小，与土壤的接触面积小，吸收有效磷的能力比较弱，所以作物幼苗期需磷十分迫切。用少量速效性磷肥作种肥，常常能收到极其明显的效果，而氮的临界期则稍向后移。

作物生长发育过程中，还有一个时期需要养分的绝对数量最多、肥料的作用最大、增产效率最高，这个时期就是作物营养最大效率期。这一时期往往出现在作物生长中期，例如，水稻氮素最大效率期在分蘖期至幼穗分化期。各种营养元素的最大效率期也不一致：据报道，甘薯生长初期氮素营养效果较好，而在块根膨大时磷、钾营养的效果较好。

作物营养临界期和最大效率期，一般不在同一生育期内。

总之，施肥应根据作物对营养的要求进行，以调节好作物个体和群体的关系，为获得高产创造条件。

（三）影响作物对养分吸收的外界因素

影响作物对养分吸收的外界因素主要有光照、温度、通气、土壤酸碱度、养分浓度、离子间相互作用及水分等。

1. 光照 光照充足，作物光合作用强，光合产物多。作物呼吸作用的原料——糖是光合作用的产物。呼吸作用正常，产生的能量多，作物吸收养分的能力强。吸收养分较多。在光照不足的山垄田、背阴田，作物吸收养分的能力下降。

2. **温度** 在一定温度范围内，温度增加，呼吸作用加强，植物吸收养分的能力也随着增加。但低温时，作物的代谢作用较缓慢，而在高温时易引起体内酶的变性，从而影响作物对养分的吸收。每一种作物都具有吸收养分的最适温度范围，如水稻适宜水温为 30~32℃，其他作物最适根际土温为：大麦 18℃、棉花 28~30℃、烟草 22℃、玉米 25~35℃、马铃薯 20℃。

3. **通气** 通气有利于有氧呼吸作用，可增强吸收养分的能力。土壤通气不足，吸收养分少，甚至根部还会外渗养分。所以施肥要结合中耕除草，促进作物吸收养分。

4. **土壤酸碱度** 土壤酸碱度会影响根细胞表面的电荷，影响作物对养料的吸收。在酸性土壤中，作物更易吸收阴离子；在碱性土壤中，易于吸收阳离子。土壤酸碱度还直接影响土壤微生物的活动和土壤中矿物质的溶解和沉淀，因而间接地影响了土壤中有效养分含量。

5. **养分浓度** 只有当养分的浓度适当时，才有利于作物吸收。养分浓度低，根的负电化学位较小，吸收速度慢；而养分浓度太高，会对根系造成伤害，影响养分吸收。因此，每一种作物都有一个适宜的养分吸收浓度范围，在这个范围内适当提高养分浓度有利于作物吸收。

6. **离子间的相互作用** 离子间有的有拮抗作用，有的有协助作用。所谓拮抗作用是指某一种离子的存在能抑制另一种离子的吸收。相反，某一种离子的存在能促进另一种离子的吸收，就称为离子间的协助作用。离子间的拮抗作用主要表现在阳离子和阳离子之间，当然阴离子之间也有拮抗作用。

7. **水分** 一方面水分可加速肥料的溶解和有机肥料的矿化，促进养分释放，有利于作物吸收养分；另一方面水分过多会稀释土壤中养分的浓度，并加速养分的流失。

第二节 合理施用肥料的依据

所谓合理施肥，就是针对植物营养特性、土壤供肥特性、肥料化学性质选择肥料及其适宜用量，坚持有机肥与无机肥相结合；坚持因土壤、因作物施肥；坚持缺素补素，平衡施肥；确定合理的轮作施肥制度，合理调配养分；采用合理的施肥技术，提高肥料利用率。

一、养分补偿学说

德国化学家李比希 1843 年在所著的《化学在农业和生理学上的应用》一书中，系统地阐述了植物、土壤和肥料中营养物质变化及其相互关系，提出了养分归还学说。认为人类在土地上种植作物，并把产物拿走，作物从土壤中吸收矿质元素，就必然会使地力逐渐下降，从而土壤中所含养分将会越来越少。如果不把植物带走的营养元素归还给土壤，土壤最终会由于土壤肥力衰减而成为不毛之地。因此，要恢复和保持地力，就必须将从土壤中拿走的营养物质还给土壤，以解决用地与养地的矛盾。

二、同等重要和不可代替律

不论是大量元素还是微量元素，对农作物来说都是同等重要的，缺一不可，缺少了其中的任何一种营养元素，作物就会出现缺素症状，而不能正常地生长发育、结实，甚至会死亡，导致减产或绝收。例如作物对铜的需要量很少，但小麦缺少了它就会出

现不孕小穗。

作物需要的各种营养元素，在作物体内都有其一定的功能，相互之间不能互相代替。如缺少钾，不能用磷代替，缺磷不能用氮代替，也不能用和它们化学性质十分相似的其他元素所完全代替。缺少什么元素，就必须施用含有该元素的肥料。

三、最小养分律

上述的两条定律说明，要保证作物的正常生长发育，获得高产，就必须满足它们所需要的元素的种类和数量及其比例。若其中有一个达不到需要的数量，生长就会受到影响，产量就受这一有效性或含量最小的元素所制约。最小的那种养分就是养分限制因子。最小养分不是指土壤中绝对含量最少的养分，而是对作物的需要而言的，是指土壤中有效养分相对含量最少（即土壤的供给能力最低）的那种养分。最小养分不是不变的，它随作物种类、产量和施肥水平而变。一种最小养分得到满足后，另一种养分就可能成为新的最小养分。例如，解放初期，我国基本上没有化肥工业，土壤贫瘠，突出表现缺氮，施用氮肥都有明显的增产效果。到了 20 世纪 60 年代，随着生产的发展，化学氮肥的施用量有了一定增长，作物产量也在提高，但有些地区开始出现单施氮肥增产效果不明显的现象，于是土壤供磷不足就成了当时进一步提高产量的制约因素。在施氮基础上，增施磷肥，作物产量大幅度增加。到了 70 年代，随氮、磷用量的增长及复种指数的提高，作物产量提高到了一个新水平，对土壤养分有了更高的要求，南方的有些地区开始表现缺钾；北方一些高产地块也出现了土壤供钾不足或某些微量元素缺乏的现象。如在此缺硼的土壤上油菜出现花而不实、棉花出现蕾铃脱落，北方缺锌的田块水稻出

现坐莨、玉米出现白化苗病，这些症状只有在施用硼肥或锌肥后才会消退。

最小养分律可以形象地用木桶理论来说明，如图 1-1 所示。

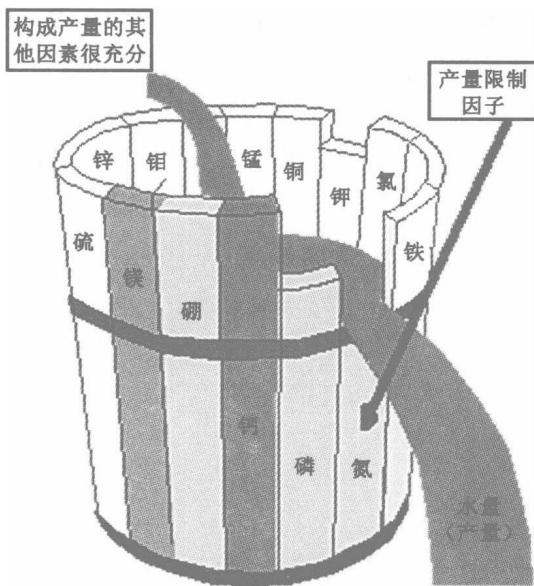


图 1-1 作物营养木桶理论示意

四、报酬递减律

在生产条件相对稳定的前提下，随着施肥量的增加，作物产量也随之增加，但增产率为递减趋势，这就是报酬递减规律。报酬递减会造成经济效益下降，因此应选择适宜的肥料用量。若增施肥料的增产量 \times 农产品单价 $>$ 增施肥料量 \times 肥料单价，此时增施化肥在经济上是有利的，可以说是既增产又增值。若增施肥料的增产量 \times 农产品单价 $=$ 增施肥料量 \times 肥料单价，此时增施肥料

所增产的产品价值正好等于肥料成本，即增产不增值。但施肥的总收益此时最高，可称为最佳施肥量。最佳施肥量往往不是作物的最高产量时的施肥量。如果达到最佳施肥量后，再增施肥料，则其增产量 \times 农产品单价 $<$ 增施肥料量 \times 肥料单价。此时增施的肥料可能会使作物略有增产，甚至达到最高产量，但增施肥料成本上升，总收益下降。所以应防止投入过多的肥料而追求达到最高产量，注意合理分配肥料，使作物均衡增产，从而获得最大的总收益。