

科技兴农丛书

农作物科学施肥技术

广东省农业委员会科教处 编
广东省科学技术协会普及部

科学普及出版社

科技兴农丛书

农作物的科学施肥

广东省农业委员会科教处 编
广东省科学技术协会普及部

科学普及出版社

农作物的科学施肥

广东省农业委员会科教处 编
广东省科学技术协会普及部

黎秀彬 黄志武 著

责任编辑：孙 力 封面设计：罗贻乐



科学普及出版社出版发行

广州科普印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：1.375 字数：30千字

1990年9月第1版 1990年9月第1次印刷

印数：1—7000册

ISBN 7-110-01724-9/S·162 定价：0.67元

编者的话

依靠科技进步振兴农业，是全党全国的一项重大战略措施。

广东省农业委员会和广东省科学技术协会决定1990年联合开展“全省农业科技推广普及年”活动。普及年活动中，要突出抓好一批对我省农业生产和经济发展影响较大、适应性强、应用面广、投资少、见效快、效益大的科技成果的推广应用，以提高农民素质、劳动生产率、土地利用率、产品商品率，促进农业跃上新台阶，促进农村经济转入稳定、协调发展的轨道。

这套《科技兴农》丛书，就是为了配合“全省农业科技推广普及年”活动而组编的。在组编中，我们力求“实际、实用、实效”的原则，紧密结合本省实际，着重介绍先进适用的技术措施。

这套丛书在组编过程中，得到广东省有关委、厅、局、科研部门、大专院校的大力支持和帮助，特表示衷心的感谢！

由于我们经验和水平所限，加上组编时间匆促，这套丛书的不足之处肯定不少，恳请广大读者批评指正。

编者

1990年8月

目 录

一、农作物的科学施肥	(1)
(一)施用有机肥料是科学施肥的重要手段	(2)
(二)减少肥料中有效成分的损失和无效化	(3)
(三)促进作物对养分的吸收	(4)
二、实用的科学施肥技术	(5)
(一)肥料有效施用的一般技术	(5)
(二)有机——无机肥料配合施用	(7)
(三)因作物、因土施肥	(9)
三、土壤、植株的诊断技术	(11)
(一)土壤有效养分的化学诊断	(11)
(二)植株诊断技术	(13)
四、配方施肥的基本方法	(25)
(一)配方施肥的内容	(26)
(二)配方施肥的实用方法	(26)
(三)复混专用肥的生产和应用	(32)
五、电子计算机与施肥推荐	(33)
(一)电子计算机在施肥推荐上的应用	(33)
(二)电子计算机肥料推荐的一般步骤	(34)

一、农作物的科学施肥

肥料是农作物的粮食。

作物在田里生长，通过土壤吸收养分。成熟后，收获物便把土壤养分带走了。如果养分得不到应有的补充，土壤将会变得瘦瘠。

农民喜欢种植高产良种，但土壤往往不能满足它们对养分的需要。如果不施用肥料，种植高产品种也不能获得理想的产量。

但是，如果肥料的种类不合理、用量不当，或长期单独施用某种化学肥料，作物的生长也不会好，往往得不到施肥期望的结果。这样，增产不增收或增收不多，甚至不增产的现象都会发生，而且土壤地力也会下降。

可见，施肥需要学问，这就是科学施肥。科学施肥的目的是肥料的投入能获得最佳的经济收益和社会效益。

社会效益是通过持久农业的确立来体现的。所谓持久农业，就是合理、经济和有效地利用土地和其它资源，使农业持久地维持着较高的或增长着的生产水平，以满足不断增加的人口需要。可见，确立持久农业的实质是要求现代人类应考虑子孙后代的利益。

对土地进行掠夺性的经营，或滥用肥料，浪费资源，都无助于持久农业。相反，肥沃的土地是持久农业的根基。通过合理地施用肥料，才会提高肥料的利用效率，做到用地与养地相结合，才会提高土地的肥力，使土壤肥沃。

运用科学的理论和实验技术，结合当地的气候、土壤和作物条件，确定合理的肥料品种、数量和施用方法，提高肥料的利用效果。从农作物的增产和优质中获取经济效益，并维持良好的生态环境，这就是科学施肥。

（一）施用有机肥料是科学施肥的重要手段

土壤是农业生产有限而又宝贵的资源。土壤在形成过程中，逐步产生了肥力，适应作物的生长。

长期以来，农民习惯施用有机肥料，用地和养地的矛盾不大明显。但是，随着化肥用量逐渐增多，有机肥料用量逐渐减少，土壤肥力不断下降，施用化肥的增产作用就越来越小。所以，在化肥的使用十分普遍的今天，尽管化肥的施用量达到较高水平，仍然必须施用一定数量的有机肥料。

实践证明，长期施用有机肥料，能使粘土疏松，土壤通透性增强，耕性改善；使砂土粘结，保水、保肥能力增强。有机肥料是改土的“万灵丹”，特别是中低产田，施用有机肥料的效果尤佳。广东省地处高温多雨的热带——亚热带地区，土壤有机质分解快，假如我们不注意施用有机肥料，土壤肥力、作物产量就迅速下降。据试验：水稻在稻田中所吸收的氮，其中土壤氮占70~77%，肥料氮只占23~30%；所吸收的磷和钾，土壤磷钾均占60~70%，肥料中磷钾只占30~40%。土壤中的氮磷钾是靠土壤潜在养分分解释放出来的，其中相当大部分是靠过去施用有机肥料、种植绿肥、作物留下的秸秆残体等分解出来的。因此要使作物连年增产、高产稳产，必须注意不断补充有机肥料，做好养地工作。

当然，养分含量较高，较易分解的有机肥料是深受农民欢迎的。

(二) 减少肥料中有效成分的损失和无效化

科学施肥，还需要通过减少肥料、特别是化学肥料中有效成分的损失和无效化来实现。

肥料施入土壤后，会产生一系列的变化：

1. “会飞走”

如易挥发的碳铵氮肥、人畜粪尿中的氮素，这些肥料容易分解，生成的氨气容易挥发。特别是在气温高、空气流动快如大风的情况下，氨气的挥发损失会更严重。因此，这些肥料不宜在中午太阳猛烈，或大风的情况下施用。

此外，如果氮肥施用不当，特别是在淹水条件下，土壤微生物还会使肥料中的氮，通过硝化——反硝化的过程，转化为气体，以氮气(N_2)或氧化亚氮(N_2O)等形式挥发到大气中，引起肥料中氮的损失。

氮肥深施可以减少上述肥料氮的损失。

2. “会流走”

水溶性的氮肥和钾肥（特别是硝酸盐肥料，如硝酸铵）容易流失。因此，水田不宜施用硝酸盐肥料；山区串灌田肥料养分容易流失，更应注意施肥技术。

在水田施用化肥，水层不宜太深。施肥后最好结合耘田。切忌施肥后立即排水。

3. “会吸走”

一是杂草吸收利用，与作物争肥；二是土壤会对肥料中养分产生固定，形成难溶性的物质。如过磷酸钙在酸性土壤中，容易与土壤富含的铁和铝化合物作用，产生难溶性磷酸铁、铝，降低了磷的有效性。因此，在酸性土壤中施用过磷酸钙，必须与石灰配合施用（不是过磷酸钙直接混合石

灰)；或与有机肥料混合后施用；或集中施用到作物根系附近等，都可减少土壤对磷的固定作用。

(三) 促进作物对养分的吸收

要使肥料能有效地使用，必须促进作物对养分的吸收。

首先，要有一个健壮根系。条件是疏松良好的土壤和满足根系发育对营养的要求。坚持施用有机肥料，合理的耕作制度，适时适量追肥并结合中耕松土等，都有利于作物根系的发育。

肥料施到根系最密集的部位，会有利于作物根系对养分的吸收。可以采用如条施、穴施、果树沿树冠下开沟施用等方法达到这个目的。

施肥时结合中耕松土，使土壤疏松，可以提高根系的活力，也是促进作物对养分吸收的措施之一。

有机肥料最好经科学堆沤，腐熟后才施用。

二、实用的科学施肥技术

(一) 肥料有效施用的一般技术

1. 集中施肥

农谚说：“施肥一大片，不如一条线。”概括了集中施肥的效果。肥料施到作物根群最密集的部位，既减少了被杂草吸收利用的机会，避免养分的无效消耗；又可以防止水溶性养分的淋失；同时还可减少肥料与土壤接触的机会，不致生成难溶性物质而使养分失效。因此集中施肥能使肥料利用率提高。据试验：水稻插秧时，过磷酸钙用于沾秧根，其当季利用率可高达48%；如采用撒施，当季利用率只有13%。

集中施肥的方法很多。作基肥的可将撒施改为条施或穴施；深根作物还可以采取分层施。这就是用作基肥时，先施占基肥量约三分之二，施后犁翻，使肥料集中在耕作层下部，供作物中后期养分之需；其余三分之一基肥，用作面层肥，以供作物幼苗对养分的需要。作种肥的可以用作拌种，沾秧根、或秧头肥。不过种肥应选择适宜的肥料品种。如氮肥可用硫酸铵或硝酸铵，不能用碳铵、尿素或氯化铵，因它们会影响发芽或妨碍幼苗生长。也有将腐熟的有机肥料作种肥的。过磷酸钙用作种肥时，应先与腐熟有机肥料堆沤5~7天，或用磷肥重量的1/10~1/20的草木灰相混合，以防止其中游离酸的危害。作追肥的除了条施或穴施外，还可以制成园肥（又称“鸭蛋肥”——利用腐熟有机肥与化肥人工

制成团)，直接塞施到作物根系附近。

2. 肥料深施

把肥料施到耕作层适当的深度（大田作物一般施到离地表6~10厘米），可以减少肥料因挥发、淋失、或硝化一反硝化作用所造成的损失，保存了养分；还可减少杂草的吸收利用，从而提高了肥料利用率。据试验，氮肥在稻田表施时，氮肥利用率只有30~50%，而深施则可提高到50~80%。

肥料深施，还可诱根深生，提高根的活力。与表施相比，深施又可以使养分较缓慢释放，作物稳生稳发，抗病虫害、抗倒伏能力增强。如氮肥表施肥效只有10~20天；而深施则可长达30~40天。施肥后才犁田；开沟（穴）施肥，施后覆土；塞施园肥等都是常见的肥料深施技术。

3. 根外追肥（叶面肥）

作物除了从根部吸收养分外，叶子也能吸收养分，特别是在作物生长后期，根系吸收能力减弱时，及时进行根外追肥，一般会得到良好的效果。例如在水稻生育后期喷施磷酸二氢钾，对谷粒的饱满有良好作用。

根外追肥应在傍晚或早晨无风、无雨的天气进行，注意选择适宜的肥料品种和恰当的浓度。氮肥最好用尿素（水稻、甘蔗等喷施浓度1.5%左右，果树、蔬菜、薯类作物0.5%）；磷肥最好用磷酸二氢钾（喷施浓度0.3~0.5%）或过磷酸钙（喷施浓度1~2%），钾肥用氯化钾（喷施浓度1%左右）或磷酸二氢钾。根外追肥用肥省、肥效快，一般在作物生长中、后期或作物受到不利的自然环境的暂时影响，需要恢复生势时使用。由于施用量不多，肥效持续时间不长，需要施肥器械及劳动力的花费，因此，根外追肥不宜滥用，更不能代替农作物的根部施肥。

(二) 有机——无机肥料配合施用

无论在中、低产田还是高产田，单施化肥或有机肥，农作物的产量会随着肥料用量的增加逐渐增高，但增产是有限度的，达到一定产量水平后，再增加肥料用量对作物增产效果不大，增施化肥还有可能使作物减产。然而，如果无机化肥与有机肥料配合施用，它们使作物增产的效果更为显著，一般地说，与单施化肥的相比，少则增产10~20%，多则增产70~80%以上。

与无机肥料配合施用的应该是质量较好的有机肥，如作物秸秆、禽畜粪便、禽毛和兽毛等，混有泥土和其它杂质过多的有机肥不宜采用，以节省劳力，提高肥效。

无机肥料与有机肥料配合施用，一般有如下三种方法：

1. 磷肥与农家肥料混合堆沤后施用

在积制厩肥和堆肥过程中，添加一定数量的过磷酸钙或磷矿粉，能促进腐熟，一方面可以减少有机肥料中氮素的损失，另一方面又提高过磷酸钙和磷矿粉中磷的有效性，补充有机肥料有效磷的营养，使肥料的肥效提高。

2. 氮磷钾肥与有机肥料直接配合施用

(1) 与泥炭直接混合。必须选用分解较好、养分较多、酸性较弱的泥炭。将粉碎过筛后，在田间与氮、磷、钾肥直接混合后作基肥施用。确定氮、磷、钾肥的合理比例后，混合泥炭量一般不超过尿素用量的十倍，使有机——无机肥料的碳氮比低于10。这样既能充分发挥无机肥料的肥效，同时减少了无机肥料中养分的损失。

(2) 与作物秸秆直接配合。与作物秸秆直接配合施用，适量的磷钾肥一般都会得到较理想的结果，但无机氮的

效果则和秸秆材料的碳氮比有关。

作物秸秆的碳氮比即它们各别的含碳量与含氮量的比例。一般地说，秸秆的碳氮比越小，越易分解，翻埋在土壤后释放出有效氮越多，让作物吸收的可能性就越大。

对碳氮比较小的豆科绿肥（如紫云英），一般不需强调与速效氮肥配合施用。施用分解较慢的绿肥（如田菁、太阳麻等）作基肥，在作物生长初期，增施一些速效氮肥，往往会得到显著的增产效果。有人以太阳麻和硫酸铵作了混合与不混合对比试验，结果表明。硫酸铵能促进太阳麻分解，增强其供肥强度；而太阳麻则能延长硫酸铵的肥效，使其肥效缓而长。这样提高了两者的肥效，使作物增产。亦有人以箭舌豌豆作试验，在绿肥材料中添加其用量百分之二的尿素，比不添加尿素的，水稻增产95%。

禾本科作物的秸秆直接回田，是施用有机肥料的好方法。但是，其碳氮比较宽，一般在55~60以上，较豆科绿肥分解慢得多。开始腐解时，还会使土壤中的有效氮被固定，影响农作物初期生长。因此，必须配合施用速效氮肥。

为获得较理想的施肥效果，需要调节施用的秸秆——无机肥料的碳氮比。调节后，它们的碳氮比一般不要高于25。首先是估算回田的秸秆量，再折算成干物质质量、全碳量及全氮量，后根据碳氮比算出应配合的氮肥施用量。此时知道各种肥料的养分含量是重要的。

基肥施用100公斤秸秆干物质，一般配合施用4~5公斤尿素为宜，其它氮肥品种可按此估算。

3. 应用商品化有机——无机复合肥

商品化生产有机——无机复合肥是近年来国内外肥料工业生产的新动向。

选用养分含量较高、分解较快或有助于提高无机肥料肥效的有机物材料，如禽畜毛和粪便，屠宰场下脚料，以及泥炭、经发酵一段时间的蔗渣和木屑等。这些材料一般较易获得且价格比较低廉，不会不利于土壤环境。它们以一定的配比和无机氮、磷、钾等肥料以及粘合剂混合后，机压成型制成的肥料，便是有机——无机复合肥。

在有机——无机复合肥中，有机物料成分一般占50%左右；其余多为无机肥料，配比应根据土壤和作物条件而定。生产厂家往往以普及型或作物专用肥的形式生产和出售。这类肥料一般适宜在较贫瘠的土壤上作基肥施用，特别是对生长期较长的果树、瓜果类蔬菜、茶等有良好肥效。它们也适用于水稻和甘蔗。

羽毛复合肥是有机——无机复合肥的一个例子，它于1986年由华南农业大学土化系作物营养与施肥研究室研制成功，现已广泛应用于多种作物。作基肥施用时，与优质有机肥料花生麸相比，羽毛复合肥可使柑橙增产68~77%，茶叶增产31.9%，瓜果类蔬菜亦有显著的肥效。

施用商品化生产的有机——无机复合肥时，还应当根据当地土壤和作物条件搭配一定的单质化肥，这样更能体现了有机——无机肥料配合施用，还兼有配方施肥的优点。商品化有机——无机肥料比一般有机肥料易于贮存、运输和施用，肥效又较好。因此，这类肥料具有广泛生产及应用的前景。

（三）因作物、因土施肥

大家知道，合理施肥主要的依据是作物营养特性和土壤供肥能力。施肥就是要解决土壤供肥量不能满足作物需要的矛盾，这就需要“因作物施肥”和“因土施肥”。

现在已知，作物必需的营养元素有多种：碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、硼、铁、锰、铜、锌、钼、氯等十六种。其中碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫占植物干重（除去全部水分便是干重）的千分之几到百分之几十，如碳和氧一般占40%以上，氢占百分之几，氮、磷、钾占千分之几至百分之几，钙、镁、硫占千分之几。这些称为大量元素。铁、硼、锌、锰、铜、钼、氯等一般占植物干重的千万分之几至万分之几，故称之为微量元素。由此可见，作物对这些养分有的需要量较多，有的需要量极少，最悬殊的可相差百万、甚至千万倍。不同作物对营养元素的要求差异很大，不同土壤提供这些养分有效数量的能力亦变化很大。

在上述的养分里，碳、氢、氧大部分来自水和空气中的二氧化碳（ CO_2 ）。在从土壤吸收的养分中，一般作物对氮、磷、钾的需要量较多，而土壤中这三种养分的有效数量又较缺乏，往往需要通过施肥来补充，因此氮、磷、钾便称为“作物营养三要素”，或“肥料三要素”。除了氮磷钾外，花生等豆科作物往往需要施用钙肥（石灰）和钼肥，果树要施用镁肥和锌肥，水稻还需要施用硅肥。总之，合理施肥就是要按作物需要和土壤供肥状况来施用肥料，既要尽量满足作物生长发育的需要，又不浪费肥料。

可见，对土壤和作物进行营养诊断是重要的。通过简易的田间速测或较复杂的实验室分析，掌握各种营养元素的供需状况，根据作物需肥特性作出判断，为随后确定肥料种类、用量及配方，为实施科学施肥提供依据。

三、土壤、植株的诊断技术

(一) 土壤有效养分的化学诊断

土壤养分主要分为全含量和有效含量两大类。把能被当季作物吸收利用的称为速效养分亦即有效养分；不能被当季作物吸收利用而缓慢地分解的称为迟效养分。

作物根系所吸收的无机养分，绝大部分都是以有效态的形式由土壤提供的。土壤中各种有效养分的丰缺状况，直接影响作物的吸收量从而影响作物的产量。因此，对土壤进行分析以了解土壤养分的供应能力是十分必要的。

土壤养分全量分析的结果只能说明土壤提供作物养分的潜力，不能反映其直接供应当季作物养分的强度；可供施肥时参考，但不能作为确定施肥量的依据。相反，有效养分的分析结果反映了土壤能直接供应作物养分的能力，可以作为合理施肥的主要依据之一。

测定土壤有效氮的内容很多，如对旱地测定硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)；水田测定铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)；还有利用碱(氢氧化钠)处理土壤，所得的分析结果称为碱解氮。许多试验的结果表明，碱解氮的数值有时可以反映种植作物前土壤的供氮能力，并用以指导施用氮肥的生产实践。当然，这种测定方法的结果与所用碱的浓度、处理土壤时的温度和时间有很大的关系。

土壤有效磷、钾的测定，一般采用化学浸提剂处理土

壤，对土壤被浸提出来的磷、钾进行测定，获得结果。

土壤有效磷的浸提方法有如下几种：

(1) $0.5M\ NaHCO_3$ (碳酸氢钠) 提取法 (奥尔逊法)；

(2) $0.025N\ HCl$ (盐酸) + $0.03N\ NH_4F$ (氟化铵) 提取法 (勃莱1号法)；

(3) $0.1N\ HCl$ (盐酸) + $0.03N\ NH_4F$ (氟化铵) 提取法 (勃莱2号法)；

(4) $0.1N\ HCl$ (盐酸) 提取法；

(5) $0.3N\ NaOH$ (氢氧化钠) + $0.5N\ Na_2C_2O_4$ (草酸钠) 提取法 (阿尔—阿白斯法) 等等。

从有代表性的田地多点采集耕层土壤样本，混匀，粉碎过筛后，对该种土壤选用上述提取剂，在一定的水土比例，经一定的提取时间得到不同提取剂的有效磷测定值，与多点盆栽试验和田间试验作物的吸磷量和产量等进行相关分析，可以对适合于该种土壤的有效磷测定方法作出评价，并用测定值反映土壤供磷丰或缺的相对程度。

据华南农业大学土化系与广东省农业厅生产处合作研究的结果表明，广东省水稻土有效磷测定以奥尔逊法和勃莱2号法较为理想。对酸性至强酸性土壤可采用勃莱2号法和 $0.1N\ HCl$ 法较好。

有效磷值一般以 ppm (百万分浓度，如 $1ppm = 0.0001\%$) 为单位。以磷 (P) 或以五氧化二磷 (P_2O_5) 的形式表示。它们的关系是： $1ppmP = 2.29ppmP_2O_5$ 。

在广东，土壤中速效钾的提取方法，最常用的是 $1N$ 中性 CH_3COONH_4 (醋酸铵) 法。和有效磷一样，速效钾的测定值应注明所用的方法，同样以 ppm 为单位，但以钾 (K)