



农村科学实验丛书



怎样做田间试验

13(2)-117.17/67

农业出版社

目 录

一、土壤肥料试验在科学种田中的作用	1
二、土壤肥力的鉴定	2
(一) 农田自然条件的分析	2
(二) 土壤农业生产性质的鉴定	5
(三) 土壤养分状况的鉴定	11
三、植物营养缺素症状的诊断	16
(一) 外形诊断	17
(二) 化学诊断	21
(三) 施肥诊断	29
四、肥料田间试验	33
(一) 肥料试验的目的和特点	33
(二) 肥料试验的种类和试验方案	34
(三) 试验设计	39
(四) 试验田的管理、观察和测产	51
(五) 产量结果的整理和分析	55
五、怎样作施肥计划	64
(一) 施肥计划的重要性	64
(二) 制订施肥计划需要了解的问题	64
(三) 制订施肥计划的具体例子	75

六、灌溉试验方法	78
(一) 灌溉试验的内容	79
(二) 灌溉试验的方法	80
(三) 产量的测定、分析和记载	92
(四) 试验资料的整理和分析总结	92
七、土壤改良试验	96
(一) 酸性土改良试验	96
(二) 深翻地改良试验	99
(三) 旱薄地改良试验	101
(四) 盐碱土改良试验	102
八、土壤培肥熟化的方法	106
(一) 深翻改土, 提高地力	106
(二) 增施肥料, 培肥地力	108
(三) 用养结合, 发挥地力	110
附录	114
一、植株样品的采集	114
二、土壤样品的采集	115
三、土壤含水量的测定方法	117
四、田间持水量的测定方法	120
五、量水方法	122
六、土壤盐分速测法	128
七、试剂配制	141
标准色卡	

一、土壤肥料试验在科学种田中的作用

种庄稼离不开肥水管理，而每一项肥水措施，都要通过土壤才能发挥作用。不同种类的土壤，各有不同的耕作、栽培、管理措施。无论是提高作物产量或改良低产土壤，都必须增施肥料。不同的肥料，在不同的作物、土壤上，有不同的肥效和不同的施用方法。随着生产的发展，还会出现许多新问题。这些问题的解决，除了利用前人和别人实践所积累的科学知识和经验外，还必须积极开展土壤肥料的科学实验，取得直接的经验，才能解决当前生产的实际问题。

土壤肥料试验，是为了全面贯彻农业“八字宪法”。在科学种田中，从高产稳产的要求出发，通过群众性的科学实验活动，研究解决因土种植、因土耕作、因土施肥、因土灌溉、改良低产土壤、培肥高产土壤的措施。研究在不同土壤条件下，各种作物的灌溉制度、灌溉方式。研究各种肥料对不同作物、不同土壤的增产效果和改土作用。确定在当地条件下最合适的施肥量、施肥法和施肥期，确定各种营养成分的合理配合等。

为了完成上述任务，取得可靠的试验结果，还要学会简易的土壤肥力鉴定和作物营养状况的测定，以及土壤培肥熟化的方法，以便从中有所发现，有所发明，有所前进。

二、土壤肥力的鉴定

土是作物生长的基础，我们做田间试验，如果不了解试验地的土壤特性和地力基础，如在低肥力的土壤上，做高产品种的试验，或是在含磷较丰富的地块上，进行磷肥肥效试验，就会得出不符合生产实际的结论。因此，做田间试验，必须学会简易的土壤肥力鉴定的方法，才能根据试验目的，正确选择试验地块，针对地力基础，提出处理方案，以保证试验的精确性，取得预期的结果。

土壤肥力的鉴定，主要有三个方面的内容：

（一）农田自然条件的分析

农田自然条件，是指土壤所处的环境条件。同一种土壤，处于不同的环境条件，对作物生长的影响就大不一样。

对作物生长影响最大的环境条件，一个是地表条件，一个是水利条件。

地表条件在农业生产实践中简称为“地”。“地”的含义，一般包括：地势高低、地面形态、地面物质、坡度等几个因素。这些因素，直接关系到土、肥、水的问题。例如，南方丘陵地区的岗、塆、冲，是三种不同的地表条件。冲田

是丘陵冲沟部分筑成的梯田，地势较低洼，水源有保证，冲顶、冲口有塘坝，两旁有沟，土层深厚，土壤养分易于积聚，肥力高，是丘陵区最优等的田。大多数田块种水稻和三麦（或绿肥），一年两熟或两年三熟。塋田是沿丘陵缓坡所筑的梯田，因为地势较高，土壤养分易于冲刷，水源也不够充足，丰水年种水稻，欠水年种大豆或甘薯，形成以水稻为中心，轮作换茬比较复杂的一年两熟制。岗田位于山岗的顶部，平缓的岗顶常开垦为耕地，一般都种旱作，以旱作为主的一年两熟或两年三熟制。北方平原地区的台地、平川地、洼地、各有其生产特点，突出反映在土壤水分上。一般台地地下水位深，土质粗，宜种谷子、花生等耐旱作物，多为一年一熟；平川地地下水位高，水源充足，土质粗细适宜，适于小麦、玉米等生长，一般多为两年三熟；洼地地势低，水分过多，有季节性的涝害，土质粘细，适于种水稻、高粱或小麦。所以说，不同的地表条件，对作物布局、灌溉方式、栽培制度和土壤肥力，有密切的影响。

水利是农业的命脉。水利条件的分析应该包括：本地区的旱涝程度、地下水状况、农田灌排条件等。这些内容是农田自然条件综合评价的依据和基础。

旱涝是影响农田高产稳产的关键性因素，因此，应根据不同地形和土质，通过调查，收集有关气候资料，了解本地区的旱涝程度。一般可区分为易旱易涝、有旱无涝、有涝无旱、不早不涝等几种类型。区分的标准可因地制宜，反映相对概念，不必强求一致。在有旱地区，可根据土壤抗旱保墒能力进行分级，如5、10、20、30天。在有涝地区，根据排

水能力分级。分级不宜过多，以3—5级为宜。

地下水是农业生产的重要资源，在评价其对农业生产的作用时，应注意以下几个问题：

1. 地下水的成分

地下水能否作为灌溉水源，要看它所含的盐分数量和成分。如果长期利用含盐量高的地下水进行灌溉，通过蒸发，土壤中的盐分就越积越多，超过一定限度，就会变成盐碱土，危害作物的生长发育。那么，地下水含盐量多少才适于灌溉呢？由于各地自然条件和生产条件不同，地下水中所含的盐分种类、毒害程度不一样，具体指标需根据当地情况确定。一般条件下，地下水含盐量小于1—1.5克/升的，都可用于灌溉各种作物。

有些地方，地下水中除可溶盐外，还含有相当数量的硝酸盐。这种地下水，不仅是一种灌溉水源，而且是一种氮素肥源，称为“肥水”，浇到地里，既有肥，又有水，增产效果显著。根据各地经验，每方（2,000斤）水中含氮15克以上的，算作肥水。在普查开发利用肥水时，可根据本地区的水质和灌溉效果进行分级。

2. 地下水位的深浅

地下水能否直接为作物吸收，决定于水位的高低。地下水位过深，无法为作物利用；地下水位太浅，土壤中充满了水，不利于庄稼生长。最适宜的地下水位，是地下水位稍低于根系的吸水层，地下水可以通过毛细管作用转为土壤水，升到根层附近，供作物吸收利用。

由于季节变化，地下水位也有明显的升降，有的地方，

其幅度可以有1—3—5米之差。因此，要根据季节变化和作物生育期的要求，来考察地下水位的深浅，采取灌溉或排水的相应措施。

农田灌排条件是旱涝保收的保证。良好的灌排条件，应该是：田面平整，灌排两便。田面平整不平整，对耕作、灌溉、蓄留水分、防治土壤盐碱化，都有作用。土地不平，水小浇不上，水大变成汪，是跑水、跑肥、跑土的“三跑田”。土地平整，灌溉及时，水量适宜，是保水、保肥、保土的“三保田”。灌排两便，就是耕地有完整的灌溉系统和排水系统，能做到“遇旱有水，遇涝排水”，保证作物需水和土壤水分状况的及时调节，并能防止土壤盐碱化，做到水、气协调，使作物有一个适宜的生根之地。

(二) 土壤农业生产性质的鉴定

土壤性质的好坏，直接关系到作物的生长。要了解土壤农业生产性质的好坏，只从地表来看是很不够的，因为根系活动层都在0.5—1米以上。所以，要进行土壤农业生产性质的鉴定，就要挖一个深60厘米左右的坑，坑的大小以能蹲下人进行观察为度（图1）。60厘米以下的土壤，可用土钻采出作补充观察。

坑挖好后，按下列项目进行观察鉴定：

1. 耕层厚度

土壤的耕层是作物根系活动和吸收水肥的主要层次。耕层深厚，不仅水、肥供应量增加，而且扩大了根系的伸展范

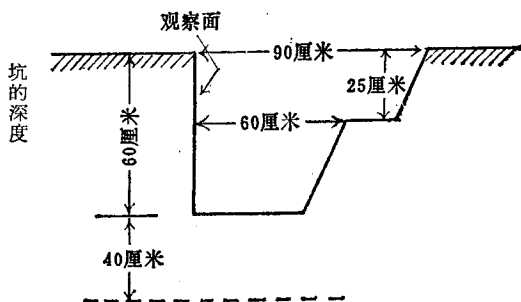


图1 土壤观察坑的剖面图

围。例如，小麦在耕层深度只有17厘米厚的地上，扎根深度只达90厘米左右，而在耕层厚度25厘米的地上，则可达150厘米，根量也比前者增加24%。耕层过浅，不仅水、肥不能发挥应有的作用，而且往往限制作物生育后期根系的发展。如水稻根系，从移栽、返青到分蘖，其根系主要分布在3—4寸土层之中，而到出穗前后，则根系可伸展到6寸以下。如果耕层过浅，在水稻生育前期根系就达全耕层，以后根系就很难向下伸展，因而引起早衰，造成减产。

2. 砂粘性

土壤的砂粘比例不同，土壤的农业生产性质就很不一样。肥田砂粘适中，不粘不砂，水气协调，适种性广；瘦田不是过砂就是过粘，或是松而不实，漏水漏肥，或是过分坚硬，易涝易旱，水气不调，肥性低劣。生产上好的土壤，砂粘比例旱田多为四砂六泥的轻壤至中壤土，水田多为三砂七泥的中壤至重壤土。

在田间可用以下的简便方法鉴定砂粘性，取小块土样，

加水湿润，放在左手掌心，用右手指来回揉搓，根据下述指标进行鉴别（图2）：

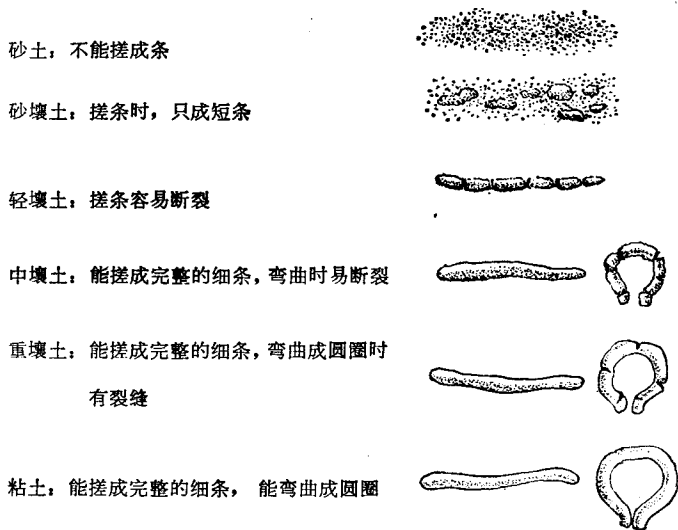
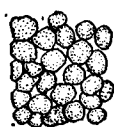


图2 土壤砂粘性湿测法指标

3. 结构性

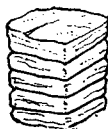
农田土壤的结构种类很多，常见的有团粒结构、块状结构、板状结构、柱状结构等（图3）。其中团粒结构是生产上最好的土壤结构，因为土壤中要有水，又要有空气。水和空气在同一空间是相互排挤的。土壤中的团粒结构，正好解决这个矛盾，团粒本身是个小水库，团粒之间的空隙则形成空气的走廊。大寨大队创造的“海绵田”，就是通过深耕、深刨、深种和秸秆还田，增施有机肥料，使土壤形成大量的团粒结构。这些团粒，性质稳定，湿时不粘，耕时不散，松



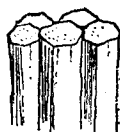
团粒结构



块状结构



板状结构



柱状结构

图3 农田土壤结构种类

软柔和，形如海绵。所以土壤的保水保肥力高，抗旱耐涝，能满足作物生长发育的要求。

在田间，可按层挖取4—5寸见方的一块土，用手轻轻揉散，按下法鉴定土壤结构性的好坏：

(1) 看大小：大于绿豆粒和小于绿豆粒的各占一半为好；

(2) 看形状：近圆形，棱角少，表面粗糙的好；棱形，棱角多，表面致密光滑的不好；

(3) 看硬度：湿润时要稍加压力才碎，放在水中散碎成小团粒的好。湿润时用手指压不碎或一触即散，放在水中不散开或散成单粒的不好；

(4) 看整个层次：疏松多孔（不是大孔洞），根系多，分布均匀的好。孔少，紧实，根系主要分布在裂缝和虫孔内的不好。

4. 酸碱性

对大多数作物来说，土壤的酸碱反应，最好是微酸至微碱性（pH 6—8）。过酸过碱，作物根系就会受到毒害，根部腐烂，叶色发黄，最后枯萎死亡。

在田间，可取一小块土，湿润后，放上市售广范试纸一小

条，待变色后，与标准色版进行比较，鉴定其酸碱度(pH)。

5. 土层排列

在作物根系范围之内，对上下土层的排列情况和性质，都需要观察鉴定。土层排列不同，土壤肥力状况和作物生长的条件就很有差异。例如图4的I和II，表层虽均为砂壤土，但1米土层范围内，I的土层排列，25厘米下分别为砂土和砂砾土，造成漏水漏肥，不利于作物扎根生长。II的土层排列，30厘米下分别为壤土和粘壤土，土层上砂下粘，上松下实，保水保肥，有利于幼苗出土和后期扎根生长。

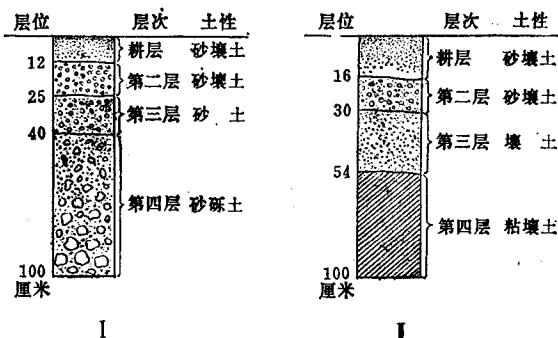


图4 土层排列示意图

6. 保水供水性

作物从种到收，需要消耗大量的水分。水的基本来源，一般来说靠降雨和灌溉，但具体起作用则靠土。土壤有适宜的保水供水性，是一切作物获得丰产的基础。田间判断土壤的保水供水性时，除了看自然状态下，土壤含水量(墒情)是否符合作物生长的需求外，还要看以下几个方面：

(1) 透水保水性状的好坏：旱田土壤，上层呈团粒结构，或砂粘适中，下层为壤质或粘壤质的为好。全砂层、全粘层或上粘下砂的差。水田土壤，要求保水力强，透水力适中。因为水田长期淹水，土壤缺氧，产生许多还原物质，所以必须通过水分的渗漏，排除过多的还原物质，增加土壤的氧气，促进根系的发育。渗漏速度以每昼夜平均9—15毫米，也就是灌入3寸厚的水，能维持5—7天为最好。过快或过慢，都不利于水稻高产。

(2) 蓄水供水能力的大小：土层浅薄，存不住水，三天不雨小旱，五天不雨大旱，作物缺水。所以要有一个深厚的土层，有了深厚的土层，容纳蓄积的水分多，抗旱耐涝的能力大。供水层的厚度，一般以60或100厘米为准，在不同生育期按不同深度进行判断。例如，小麦苗期、分蘖期看表层；返青至拔节期看60厘米；拔节至抽穗以至成熟，观察的深度不应少于100厘米，对生长好的可以延伸到150厘米。

7. 保肥供肥性

作物需要的养分，基本上是水溶性的，它们在水中大多成离子状态存在，很容易跟水流走。作物高产需要大量而且持续的养分供应，这就要求土壤具有一定的保肥供肥能力。土壤靠什么来保肥呢？主要是靠土壤胶体物质。土壤中的细土粒和腐殖质，都是土壤胶体物质。这些胶体物质，能够吸附水中的离子，使它不会随水流走，也不会变成作物很难利用的状态，可以供作物吸收利用。因此，在田间可以从下面几个方面着手，综合考虑其相互关系，判断土壤的保肥供肥性。

(1) 土壤颜色：腐殖质的颜色是黑和暗的。土壤颜色深暗的，是肥土；颜色浅淡的，是瘦土。

(2) 土壤粗细：胶泥土、粘土保肥力强，壤土保肥力良好，砂土保肥力弱。

(3) 土壤松紧：土壤疏松多孔，油光发亮的，说明通气较好，养分易转化，供肥性好。土壤紧实，低温高湿，通透不良，养分不易转化，供肥性差。

(4) 施肥反应：施肥效果明显，劲稳而长的，保肥供肥好。效果明显，但不持久的，供肥好，保肥差。效果不明显的，或是漏肥，或是被土壤固定，保肥供肥性不协调。

对上述土壤农业生产性质进行田间鉴定，就可以初步了解土壤对作物生长可能产生的作用。如由耕层厚度、砂粘性、结构性、土层排列，可以大致知道土壤通气性好不好，保水透水性是高还是低，对根系发育是适宜还是不适宜。由结构性、保水供水性，可以估计土壤抗旱耐涝的能力。由酸碱性、保肥供肥性，可以了解土壤的营养状况和施肥效果。

(三) 土壤养分状况的鉴定

作物所吸收的养分，主要来自土壤和肥料。我们做各种田间试验，需要知道土壤中含有多少养分，氮、磷、钾是缺还是丰，地力是均匀还是不均匀，才能选择合适的试验地块，根据地力情况，提出试验方案，制订施肥计划。否则，把试验布置在地力不匀的地块上，或是盲目施肥，都会给生产和试验带来损失。

土壤养分状况的鉴定，除特殊土壤外，一般主要测定下面几个项目。

1. 有机质含量

有机质是土壤养分的重要给源。土壤有机质的含量，一般不过百分之几，但几乎全部的氮， $1/2$ — $1/5$ 的磷，存在于有机质中。一般地说，土壤有机质含量多，则养分供应量大。以氮为例，华北地区土壤，如有机质含量达 1 — 1.3% 时，其含氮量一般可达 0.08 — 0.1% 。如按每亩耕层土壤 30 万斤，含氮量为 0.1% ，一季利用率以 4% 计算，则一季小麦，土壤可供作物吸收的氮素养分为： $300,000\text{斤} \times 0.1\% \times 4\% = 12\text{斤}$ 。这些氮素养分，可供生产 400 斤左右小麦之用。除了养分含量丰富外，有机质供应养分的特点，是随作物生长过程不断地分解释放，劲稳而长，又能形成土壤胶体物质，改善土壤的农业生产性质。因此，在生产上一向被作为判断土壤肥瘦的一个标志。一般肥田土壤，有机质含量都比较高，南方水田在 2 — 4% ，华北地区旱田在 1 — 1.5% 。

增加土壤有机质主要靠多施有机肥料。各地高产典型单位，有机肥的施用量，一般都占总用肥量的 60 — 70% 。如连年施用有机肥，地越种越肥，产量持续上升。而有机肥用量不到总用肥量的 30 — 40% ，持续数年，地力下降，产量也不能稳步上升。因此，在低肥力的地上，要特别注意多施有机肥。

2. 氮素含量

土壤中的氮素 90% 以上存在于有机质中，所以土壤含氮量的多少，主要取决于土壤有机质的含量。由于有机质中的

氮不能直接为作物吸收，因此，土壤的氮素水平，就要从两个方面来考虑：一个是它的总量，一个是它的有效程度。总量很多，有效性低，供不应求；有效度高，总量很少，不能持久。氮素鉴定时，既要知道它的全氮量和有效氮含量，还要计算有效氮占全氮的相对百分数（ $\frac{\text{有效氮}}{\text{全氮}} \times 100$ ），据此判断其供应状况。肥田土壤，氮素含量多，供应水平较高，一般标准是：水田全氮量在0.15%，有效氮在0.01%以上，约占全氮含量的10%。旱田全氮量在0.06—0.1%，有效氮0.004—0.007%，约占全氮量的8—10%。

3. 磷素含量

磷和氮、钾不同，很容易被土壤固定。因此，土壤的磷素水平，关键不在于总磷量的多少，而在于土壤中有效磷的含量。磷的有效程度，决定于磷的存在形态。在酸性条件下，土壤中的铁、铝多，磷成不溶性的磷酸铁、磷酸铝形态存在，有效性降低。在北方含碳酸钙多的土壤中，磷成难溶性的磷酸三钙存在，有效性也显著降低。只有在酸碱度中等的时候，磷的有效程度最大。最适宜的酸碱反应范围，大约在pH6.5—7.5之间。

在不同肥力土壤之间，有效磷的变化幅度很大，能比较灵敏地指示土壤肥力。肥田磷素含量丰富，多在0.1%以上，有效磷含百万分之二十至三十（20—30 ppm）。瘦田磷素含量多在0.05%以下，有效磷很低，在5 ppm以下。各地生产实践证明，氮素营养对磷肥肥效有明显的影响。施用氮肥可以提高磷肥的增产幅度。因此，单纯用速效磷作土壤需磷的指

标，就会忽视了氮素的影响，但单纯用速效氮与速效磷之比作土壤需磷指标，则只能反映土壤中养分的相对比例，不能表达土壤中速效磷的供应水平。把这两项指标结合起来，既考虑到速效养分的协调关系，又照顾到速效养分的供应水平，对于了解土壤磷的供应状况和磷肥施用效应，是比较好的。

这种关系，据陕西省农业科学院土壤肥料研究所研究，可以有如下四种情况：

(1) 有效磷(P_2O_5)小于15ppm，速效N/ P_2O_5 (氮/磷)大于1.5，土壤供应养分的特征是，供磷能力低，供氮能力较高，施磷效果较显著。

(2) 有效 P_2O_5 大于 15ppm，速效 N/ P_2O_5 小于 1.5，供磷能力强，供氮能力相对很低，在一般产量水平下，施用磷肥增产较小。

(3) 有效 P_2O_5 小于 15ppm，速效 N/ P_2O_5 小于 1.5，土壤氮、磷俱缺，需要提高施氮水平，才有利于磷素发挥增产作用。

(4) 有效 P_2O_5 在 15—25ppm 间，速效 N/ P_2O_5 在 1.5—2.5 间，土壤氮、磷都丰富，磷肥的增产效应不稳定。

4. 钾素含量

土壤中钾素含量，一般在 1—3%，其中能为作物吸收利用的有效钾，仅占全钾量的 0.3—5%，一般在 50—200ppm 范围内，缺钾的土壤低于 50ppm，有时仅 10—30ppm。当前各地大多偏施氮肥，少施磷肥，很少施用钾肥。随着作物产量的不断提高，某些地区靠土壤和有机质供给的钾素，已不能满足作物进一步高产稳产的需要，土壤和作物的钾素营养