

File No. 32

土壤诊断和合理施肥

土壤是地壳最表层的岩石风化后，受到地形，气候，植被等多种因素的综合作用而形成的松散状堆积物。土壤是农业生产的基础，是支配农作物生长和收获量的最重要的因素之一。

土壤诊断 (soil diagnosis) 是对耕地土壤进行调查分析，根据最适宜农作物生育的土壤物理性，化学性，生物性基准来进行诊断，给出指示来引导农民进行合理施肥和其他农作业。土壤诊断还具有监控耕地土壤性质的变化等意义。日本已经普及推广了土壤诊断，对农业生产起着很重要的作用。本篇就土壤诊断项目和对合理施肥的影响作简单的介绍。

除了植物工厂和水耕栽培等不使用土壤的特殊栽培方式外，农作物需要土壤来作为其生育的基盘，所以土壤物理性，化学性，生物性对农作物生长会产生很大的影响。值得注意的是在土壤的三大特性中，土壤物理性是基础，构成了土壤的基本要素。土壤化学性受到土壤物理性的强烈影响，而土壤生物性是在土壤物理性和化学性的基础上形成的。所以日本的「造土养地」重点放在了改良土壤的物理性。

土壤诊断项目可分为土壤的物理性，化学性，生物性三大类，其诊断基准因水田，旱地，牧草地，果园而有所不同。图 1 是有关土壤诊断的主要项目。

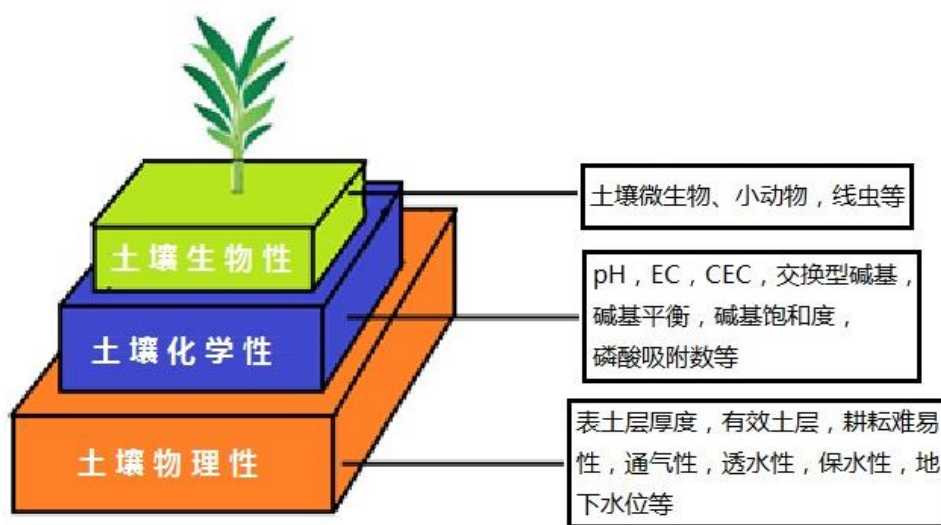


图 1. 有关土壤诊断的主要项目示意图

一，土壤物理性方面的诊断项目

土壤物理性方面的诊断项目主要有以下 6 项。

- 1. 表土层厚度:** 表土是耕地最上层的松软土壤。作物根系主要集中在表土层，养分和水分吸收基本上都是在表土层进行的。表土层浅的话，保肥能力和保水能力差，易干易湿，能够储存的养分量也少，养分供给能力低。另外，作物根系被局限于浅窄的表土层中，养分和水分吸收受到限制，作物生长容易被抑制。
- 2. 有效土层的深度:** 有效土层是指作物的根可以自由贯通伸入的耕地土层。有效土层浅的话，

根系的生长范围受到限制，会对养分和水分的吸收有直接的影响，也容易过于过湿，养分供给能力低。特别是果园的有效土层浅，会使果树扎根浅，容易因风倒伏，水分吸收不足，长势差，结果少，果实小。

**3. 表土层的砾石含量和耕耘的难易度：**表土层的砾石含量和耕耘的难易性也是限制作物根生长的重要因素。砾石不能保持水分和养分，砾石含量过多的话，土壤粘土矿物就相应减少，保肥保水能力低，土壤容易干燥，肥料施用后也容易流失。但是，果园等土壤若存在一定量的砾石可以增加通气性和透水性，反而对根系深，伸展广的果树生育有好处。另外，砾石的存在会妨碍耕耘碎土等农作业，降低耕作效率，容易损坏农机具。

**4. 土壤的干湿度：**土壤的干湿度与地下水的深度和土壤的粗孔隙率有密切的关系，是土壤透水性，保水性，湿润度等因素的综合表现。

**5. 潜水/透水性：**该项是水田诊断的特有项目，用于诊断水田的保水性能。透水性过大的水田肥料养分的溶脱流失大，地力降低，水稻容易出现养分不足，特别是生育后期的养分不足使得穗小粒轻，收获减少。另外，透水性过大的水田需要更多的灌溉水，田面水温低，插秧后秧苗成活迟，容易出现冷害，养分吸收能力下降，对水稻生长和收获量都有不良影响。

**6. 氧化还原性：**这个也是水田诊断的特有项目。潜水状态下水田缺氧，土壤呈还原状态，可以使难溶性磷酸盐化合物溶解增加有效磷，还可使 pH 升高，提高氮的利用率，对水稻生长有一定的好处。但长期处于还原状态下，容易生成和积累硫化氢，有机酸等有害物质，妨碍水稻根的呼吸和养分水分的吸收。

## 二， 土壤化学性方面的诊断项目

有关土壤化学性方面的诊断项目主要有以下 8 项

**1. 土壤 pH：**土壤 pH 对农作物的生长有很大的影响。强酸性土壤和强碱性土壤都会诱发养分缺乏或过剩等各种生理障害，导致作物生育不良。因此，土壤 pH 需要保持在弱酸性~中性范围内。

**2. 土壤 EC：**EC 是电导度 (Electro Conductivity) 的略称，与水溶性盐类浓度成正相关关系。即土壤中的水溶性盐类 (阳离子和阴离子) 浓度越高，EC 也就越高。

通常，EC 过低时说明土壤中的养分不足，而 EC 过高时则土壤盐类浓度太高，会妨碍作物的水分吸收，若 EC 超出阈值就会导致作物死亡。过高的 EC 值通常出现在沿海盐害地或干旱地区的盐碱地，但最近在大棚温室等栽培设施的土壤中也多有发现。农作物对盐类的抵抗力 (耐盐性) 与作物种类有关，诊断基准也因作物种类而异。土壤 EC 是用于计算基肥和追肥施用量的重要基础数据。

**3. CEC：**CEC (Cation Exchange Capacity) 是一定量的土壤能够保持的阳离子数量，又称碱基交换容量。CEC 高的土壤一般都是保肥力高的肥沃土壤。CEC 与土壤的养分保持能力和 pH 抗变化能力等有密切的关系，是施用石灰或苦土石灰等土壤改良资材时用于计算施用量的重要基础数据。

**4. 置换性碱基：**吸附保持在土壤胶体表面的阳离子可以被土壤溶液中的其他阳离子所置换，

重新回到土壤溶液里。这些阳离子除了氢离子之外，统称为置换性碱基。置换出的阳离子可以被作物吸收利用，是土壤中可供态养分的主要状态。另外，阳离子的置换是土壤中最重要反应之一，与物质的变化和移动，矿物风化，膨润收缩，透水等物理性，养分的供应能力等有很密切的关系。进行诊断时不仅是置换性碱基的总量，还需要测定钙，镁，钾离子各自所占的比例。

① 钙：钙是植物生育必须养分之一，还涉及到土壤团粒结构的形成，土壤 pH 缓冲能力，土壤物理性的改良和土壤微生物活动等，是非常重要的元素。

② 镁：镁是构成叶绿素的元素，在土壤中置换性镁与钙同样具有缓冲土壤 pH 变化的能力。与钙不同的是，镁容易与硅酸结合成硅酸盐析出沉淀，难以被作物吸收。特别是过量施用磷肥，石灰和钾肥的情况下，容易发生缺镁症状。

③ 钾：钾是植物的三大养分之一，是作物生长所需的重要元素。自然状态的土壤中存在较多的长石，云母以及粘土矿物等含钾的矿物，但这些矿物绝大多数是难溶性钾，不能被作物利用。土壤中的可供态钾是溶解在土壤溶液中和吸附在土壤胶体上的钾，特别是吸附在土壤胶体上的置换性钾对于作物吸收利用是非常重要的。

置换性碱基的总量与土壤 pH 有密切的关系，测定出的土壤 pH 数据在一定程度上可以推测出置换性碱基的数量。但是，置换性碱基不仅是总量，各种碱基之间的平衡状况也是非常重要的因素，所以必须同时测定钙镁钾离子各自所占的比例。

**5. 碱基饱和度：**碱基饱和度是指土壤的 CEC 中置换性碱基所占的比例。碱基饱和度超出 100% 的话，就表示土壤中水溶性盐类浓度过高，已经出现了盐分积累，也有可能是碱性土壤。而碱基饱和度过低的话，说明土壤中氢离子多，是酸性土壤，水溶性盐类很少，养分不足，农作物很有可能吸收不到足够的养分。通常，碱基饱和度占土壤 CEC 的 80% 左右为理想。

**6. 碱基平衡：**特定作物对养分的总吸收量基本是一定的，某种养分过剩存在的话会影响到其他养分的吸收，出现养分吸收拮抗作用。

拮抗作用的后果是某些养分因吸收不足而容易出现养分缺乏症状，影响作物生长。施肥不当的话，容易出现钙，镁，钾的过剩现象，影响其他养分的吸收。必须注意的是，农作物的种类和土壤 pH 不同，各种碱基之间的最适比例也有所不同。通常，钙/镁的当量比在 6 以下，镁/钾的当量比的 2 以上为理想。

**7. 有效态磷：**土壤中的磷绝大多数是钙，铝，铁的磷酸盐化合物。在这些磷酸盐化合物中，磷酸钙根据所结合的钙原子的数量而具有可溶性和枸溶性，可以被作物吸收利用，和水溶性磷一起构成了有效态磷。磷酸铝化合物则除了部分可以分泌多量强酸性根酸的作物和豆科牧草之外，基本上不能被作物吸收。与铁结合生成的磷酸铁也是难溶性化合物，旱地作物难以吸收利用，但在潜水的还原条件下，磷酸铁会被还原成水溶性，释放出磷来供水稻吸收利用。因此，旱地与水田的有效态磷的测定方法有所不同。

**8. 磷固定系数：**水溶性磷肥施入土壤后，部分磷会直接被作物吸收，但大部分磷在溶解后会与土壤溶液中的铝离子和铁离子结合生成难溶性的磷酸铝和磷酸铁，析出沉积在土壤里。这种水溶性磷转变成难溶性磷化合物的变化称为土壤的磷固定。作为磷固定的指标，干土 100

克能够固定的磷重量称为磷固定系数。

土壤中的活性铝离子和铁离子含量越大，土壤的磷固定系数就越高。特别是日本常见的黑色火山土的磷固定系数很高，施入的磷肥很快就会被固定成难溶性磷酸盐化合物，难以被作物吸收。对于磷固定系数高的土壤，可以通过调整土壤 pH，施用堆肥和腐殖酸肥料，硅酸肥料等方法来减轻磷固定。

### 三、土壤生物性方面的诊断项目

土壤生物性方面的诊断项目主要有下面 2 项

**1. 土壤微生物分析：**通过分析土壤中真菌类的丝状菌，放线菌，镰刀菌，细菌类的细菌和二碘曙红色素耐性菌的种类和数量来判断土壤微生物的平衡与否。

另外，预定栽培茄科作物的土壤要追加青枯病菌，预定栽培十字花科作物的土壤要追加根肿病菌的分析。这是为了防止土壤传染病害所必需的预防措施。

**2. 有害线虫的分析：**通过分析土壤中的根瘤线虫，根腐线虫，胞囊线虫的有无和生息数量，来诊断是否适宜栽培瓜类和薯类作物。这些线虫可以寄生在作物根内，从作物根吸收养分，分泌出特殊物质影响作物生长和收获物的质量。

土壤诊断并不需要对以上的所有项目进行全面实施。可以根据预定栽培的作物种类，耕地土壤种类，分析设备和费用，筛选出必须的分析项目进行分析。

通过土壤诊断，可以判明该土壤是否合适于栽培作物，需要改良的项目和改良方法，所需的土壤改良资材等。另外，将土壤诊断的结果和预定栽培的作物种类加以对照，进行适当的施肥设计，可以减少肥料用量和施肥次数，降低生产成本和劳动强度。

现代化农业的特征是培育和普及高产优质品种，完备灌溉设备，大量使用化肥和农药，用农业机械来替代人力畜力来达到粮食和其他作物增产增收的目的，以满足人类生活需要。另一方面，现代化农业所采取的生产方式也给环境带来了过剩的负担。其中最被指责的是过剩施肥和肥料成分的流失造成的环境污染。通过土壤诊断，特别是对土壤化学性方面的诊断，可以比较正确地掌握耕地土壤的现状，得知土壤养分的含量和保肥能力，能够有效地进行施肥和控制养分流失，既能够削减生产成本，还可以减轻环境负担。因此，为了能使现代化农业持续成长，根据土壤诊断来进行合理施肥是非常重要的。