

File No. 13

肥料和土壤 pH 的关系

一般来说弱酸性到中性的土壤，即土壤 pH 在 5.5~7.2 之间是最适合植物的生长的，而强酸性土壤和强碱性土壤除了某些特殊的植物种类之外，都会对植物生长有不良影响。特别是人类长期栽培繁育出来的农作物在强酸性土壤和强碱性土壤上都会出现生长不良，甚至不能生育的现象。表 1 所示的是部分农作物的最适生育土壤 pH 范围。

表 1. 部分农作物的最适生育土壤 pH 范围

作物名称	最适生育土壤 pH 范围
马铃薯，茶，栗子，蓝莓，菠萝	5.3~5.8
草莓，西瓜，柑桔，苹果，梨，桃，柿，烟草，荞麦，红豆，芋头，小白菜，蒜，花生，水稻	5.7~6.2
葡萄，甜瓜，黄瓜，茄子，葱，西兰花，萝卜，南瓜，青椒，芜菁，白菜，大豆，胡萝卜，小麦，玉米	6.0~6.7
西红柿，菠菜，卷心菜，生菜，莴苣，豌豆，菜豆，洋葱，牛蒡，大麦	6.5~7.2

如上表所示，绝大部分的作物嗜好接近中性的微酸性到弱酸性土壤，但也有部分作物，例如茶和菠萝等也可以良好地生育在 pH5.5 以下的明酸性土壤上。这是因为作物基因不同而对养分的要求和吸收能力有差异外，土壤 pH 也能够通过控制土壤养分，特别是微量元素的溶解度和有害元素的活性而对作物的生育产生影响。而某些植物甚至可以生育在强酸性或强碱性的土壤上的原因是在漫长的进化过程中，植物的遗传基因已经适应了这样的环境，可以减少或避免强酸性土壤或强碱性土壤对其生育的不良影响。

不同植物对土壤 pH 的不同要求主要是基于对各种养分的缺乏或过剩的耐性不同而引起的。通常，对某种养分要求高，需求量大的植物种类会有对该养分有较强的吸收能力，具有较强的过剩耐性，但对缺乏该养分的耐性会降低，该养分不足的话生育就会出现障碍。另外，植物并不是对所有养分都是无条件吸收的，而是按照自身的生育要求而进行有选择的吸收，在某些特定的生长阶段，养分不足的影响就会明显地表现出来。还有部分植物具有排泄体内过剩的铝和钠等有害元素的机能，所以可以生长在强酸性或强碱性土壤上而不受太大的影响。

土壤 pH 是土壤溶液中以及吸附在土壤胶体上的氢离子 (H⁺) 浓度指数，也是衡量土壤酸碱度的物理量。pH7 是中性，小于 7 的数值为酸性，大于 7 的数值则表示碱性。表 2 是根据土壤 pH 来区分的土壤酸碱度。

土壤 pH 是怎样决定的呢？首先土壤 pH 会受到形成土壤的母岩种类的影响。露出在地表上的岩石常年受物理风化作用和化学风化作用而破碎分解形成原始土壤。母岩石的种类不同，形成的原始土壤的 pH 也不同。通常是花岗岩和玄武岩，火山灰形成的土壤偏酸性，石灰岩形成的土壤则偏碱性。

其次，原始土壤形成后，在其上面生息的动植物死亡后形成的有机物质或河流搬运的碎屑物冲积形成的冲积土等含有的有机物质也对土壤 pH 有较强的影响。一般来说，有机物质多的土壤中的土壤胶体数量多，对碱基类的吸附保持能力高，土壤 pH 多表现为弱酸性~中性。

表 2. 按照 pH 来对土壤酸碱度的区分（日本的分类方式）

pH (H ₂ O)	土壤酸碱度的区分
< 4.4	极强酸性土壤
4.4~4.9	强酸性土壤
5.0~5.4	明酸性土壤
5.5~5.9	弱酸性土壤
6.0~6.5	微酸性土壤
6.6~7.2	中性土壤
7.3~7.5	微碱性土壤
7.6~7.9	弱碱性土壤
> 8.0	强碱性土壤

但是，在自然环境下影响土壤 pH 的最重要的因素是降雨量。雨水中含有的氢离子 (H⁺) 会与吸附在土壤胶体上的碱基类（钙离子，镁离子，钠离子，钾离子等阳离子）发生离子置换作用，将这些阳离子溶脱游离出来。雨水中氢离子的这种作用又被称为碱基溶脱作用。在降雨量多的地区，土壤中的碱基因为长期被雨水中的氢离子置换溶脱，使得土壤中的氢离子浓度增高，土壤 pH 降低，逐渐变成酸性土壤。反过来降雨量较少的地区则土壤中的碱基不易被雨水中的氢离子置换溶脱，留下来的数量多，土壤 pH 不易降低，多数停滞在弱酸~弱碱之间。若降雨量少，蒸发量大的地区，则因为地下水的不断上升和蒸发，使得溶解在地下水中的钠离子，镁离子，钙离子等随地下水上升蒸发后残留在地表，容易提高土壤 pH，使土壤逐渐趋向碱性。

在现代农业生产的环境下，致使土壤 pH 发生变动的最重要的因素是肥料，特别是化肥的施用。例如长期施用过磷酸钙，重过磷酸钙等自身含有游离酸的肥料，或硫酸铵，氯化铵，硫酸钾等自身虽然是中性的，但肥料成分被吸收后残留下酸性成分的肥料的话，会使土壤 pH 下降，促进土壤酸性化。而长期施用石灰氮和钙镁磷肥等碱性肥料的话，则会引起土壤 pH 上升。另外，施用硫酸铵，氯化铵等含有大量氨态氮的氮肥后，土壤中的硝酸菌会将氨态氮转化成硝酸，会暂时性地引起土壤 pH 降低。大量施用未腐熟的有机肥后，有机物在土壤中的腐败分解过程中也会生成多量的有机酸，引起土壤 pH 降低。所以，对于耕地土壤来说，影响土壤 pH 变动的第 1 因素是肥料，第 2 因素才是降雨量。

还有某些涉及到人类活动的特殊场合亦会在短期内引起土壤 pH 出现较大的变动。例如，大棚栽培等不会受到降雨量影响的土壤，灌溉水量小蒸发量大，灌溉水溶脱的土壤碱基量少，反而施肥后未被作物吸收而残留在土壤里的肥料成分多，造成盐分积累，会提高土壤 pH。混

凝土被水淋湿后会溶解出碱性的石灰成分，在混凝土构造物附近的土壤会因这些碱性溶出物而容易成为碱性土壤。但这些都是在小范围内发生的，具有很大的局限性。

植物的根只能吸收利用溶解在土壤溶液里的离子态的养分（参考本书「植物根的养分和水分吸收机理」一文）。因此，土壤 pH 亦可以通过对肥料养分的溶解度和溶脱的影响，间接地影响到作物根对养分的吸收利用。图 1 是土壤 pH 对土壤中的肥料养分的吸收利用度的影响。在不同的 pH 条件下，养分的蓝色斜条范围的高度表示该养分能够被吸收利用的程度，高度越高则表示该养分能够更多更好地被吸收利用，高度越低则表示该养分能够被作物吸收利用的程度越小。

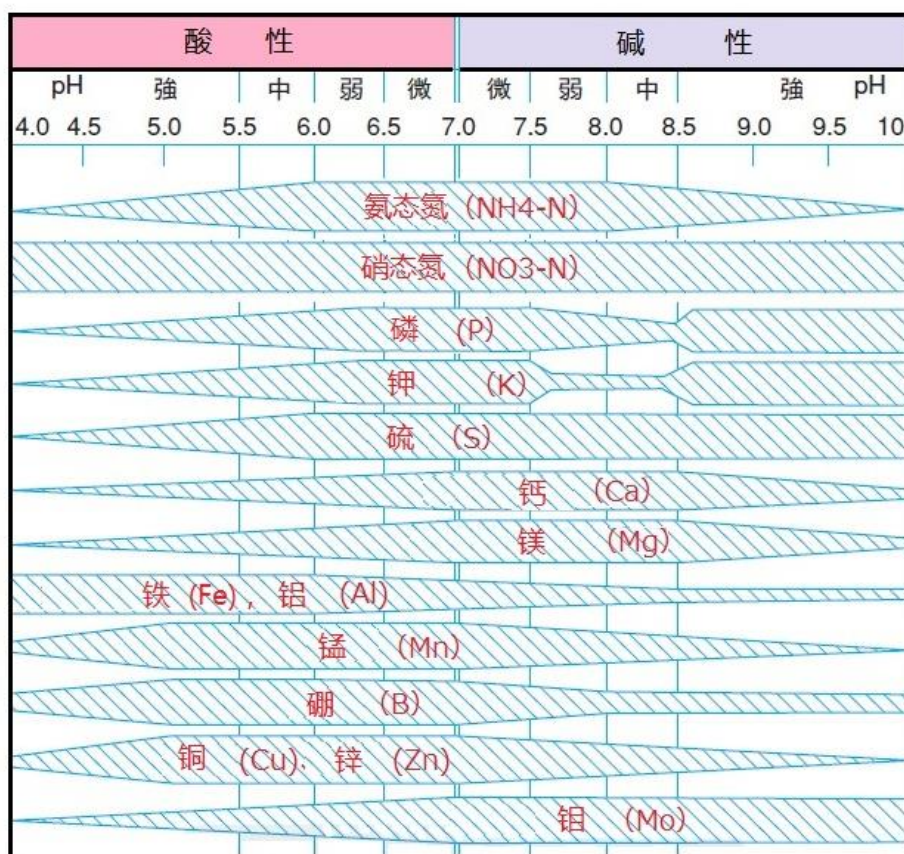


图 1. 土壤 pH 对肥料养分的吸收利用度的影响
(蓝色斜条范围表示养分能够被吸收利用的程度)

首先，土壤中养分的形态和溶解度会随 pH 的变动而出现变化。溶解在土壤溶液里的氨离子，钾离子，钙离子，镁离子等阳离子可以被土壤胶体吸附而保持在土壤里。但在强酸性的环境里则会被氢离子置换出来，容易随水溶脱流失，吸收利用度会下降，肥效降低。反过来这些阳离子在强碱性土壤里会被土壤胶体强力吸附，不容易置换溶解到土壤溶液里，作物对其的吸收利用率当然也会下降，难以提高肥效。另外，铁，锰，锌，铜等微量元素在中性~碱性环境里容易生成溶解度低的氢氧化合物，土壤 pH 越高，这些微量元素的溶解度就越低，越难被植物吸收利用。但是，硝酸离子，氯离子等阴离子不会被土壤胶体吸附，所以其溶解度不

随土壤 pH 的变动而变化。

其次，在强酸性的环境下构成土壤粘土矿物的铝和铁会被酸溶解，形成离子溶出到土壤溶液里。过剩的铝离子不仅会给作物带来危害，铝离子和铁离子还会与磷酸离子结合成难溶性的磷酸盐，减少土壤中可供磷的数量，大大降低磷肥的肥效。在碱性土壤里过剩存在的钠离子和氯离子等也会通过渗透压和元素之间的拮抗而妨碍作物对养分的吸收利用，降低肥效。

在碱性土壤里，根分泌出来的根酸马上就会被中和，发挥不出溶解土壤中难溶性养分，将其转换成能够被植物吸收的形态的作用。所以，钙镁磷肥和硅钾镁肥等含有枸溶性的养分的肥料仅适合于酸性土壤，施用到碱性土壤后很难发挥出肥料效果的原因就在这里。

为了避免土壤的酸性化或碱性化对作物生长产生的障害，除了注意肥料的施用方式外，还可以采取施用能够调节土壤 pH 的资材来对土壤进行改良。

改良酸性土壤，必须考虑到土壤各种碱基的平衡（钙/镁比，镁/钾比等）以及土壤中微量元素的溶解性和吸收利用性，不是单纯地将土壤 pH 提升到目标值就算了。在日本，通常是优先选择苦土石灰（白云石粉），牡蛎壳粉和碳酸钙（石灰石粉）之类的可以缓慢地表现出调节土壤 pH 效果的资材，这样不会使土壤 pH 变动过快，造成不良影响。施用钙镁磷肥和钢铁炉渣硅镁钙肥也有类似的效果。若土壤 pH 呈强酸性，必须尽快改良的话，可以施用具有速效性的消石灰。但若施用不当的话，过量的消石灰会使局部土壤变成碱性，诱发铁，锰，锌，铜等微量元素缺乏症，必须加以注意。

改良碱性土壤，可以施用过磷酸钙，硫酸铵和硫酸钾等酸性肥料来逐渐调节土壤 pH。强碱性土壤则可以施加硫磺粉，石膏粉等酸性资材，能够较快地降低土壤 pH。