

## File No. 30 李比希最小因子定律和多贝内克的木桶

植物生育和成长需要氮 (N), 磷 (P), 钾 (K), 钙 (Ca), 氧 (O), 氢 (H), 碳 (C), 镁 (Mg), 硫黄 (S), 铁 (Fe), 锰 (Mn), 硼 (B), 锌 (Zn), 钼 (Mo), 铜 (Cu), 氯 (Cl) 共 16 种元素。这 16 种元素只要缺少了其中 1 种, 植物就完全不能生长, 所以被称为必须元素。除了这 16 种之外, 钠 (Na) 和硅 (Si) 等某些元素虽然不是必须元素, 但它们的存在有助于植物生长, 所以亦被称为有用元素。

19 世纪著名的德国有机化学科学家李比希 (Justus Freiherr von Liebig) 在进行植物生理学的研究时, 从试验数据中发现在氮磷钾这 3 种必须元素中, 植物的生长情况受制于供给量最少的元素, 其他的元素供给再多也不会改善和促进植物生长。他提出了这样的理论: 植物的生长受到供应最不足的养分所限制, 若最不足的养分得不到补充的话, 其他的养分施用再多也不会改善植物生长情况, 增加收获量。受当时的科技水平所限制, 李比希只是提到了氮磷钾这 3 种养分。后来德国的农学家沃尔尼 (Martin Ewald Wollny) 通过自身的经验体会, 在氮磷钾 3 大养分之外, 又增添了植物生育所需的其他元素和水分, 温度, 太阳 (光线), 通气 (空气) 等影响植物生长的因子, 将该理论命名为李比希最小因子定律 (Liebig's Law of the Minimum)。

到了 20 世纪初, 德国的多贝内克 (Dobeneck) 为了更直感地说明李比希最小因子定律, 绘制了图 1 所示的木桶示意图。该图在日本被称为多贝内克的木桶 (Liebig's barrel), 在高中的教科书里有记载而广为人知。

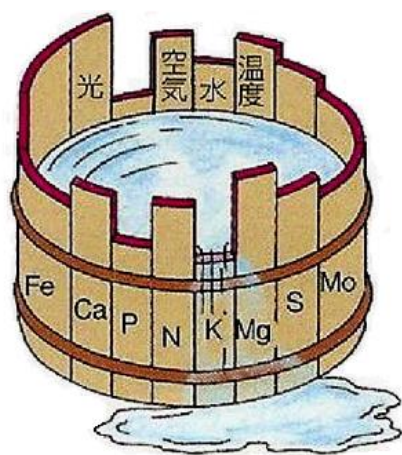


图 1. 多贝内克的木桶 (从啓林館出版社的 HP 引用)

多贝内克的木桶是以植物的生育拟似为木桶中的水, 构成木桶的一枚一枚的桶板则拟为各种植物生长所需养分和其他影响植物生长的因子, 桶板的高度表示可供给量。在木桶中, 不管其他的桶板有多高, 桶中的水总是会从最低桶板的位置流出桶外, 木桶中的水位最终也只

能保持在最短的桶板的高度上。

该图的偶意是植物的生长（收获量）受到包括微量元素在内的各种养分和植物生长所需的水分，温度，空气等影响因子中供给量最少的因子所支配。单纯从养分上来说，最不足的养分限制了植物的生长，若不对最不足的养分进行补充使其达到一定的水准，尽管其他养分施用的再多也没有用，植物生长和收获量并不会因此而增加。就是说若要使植物正常生长，收获量达到最大的话，就必须使各种养分都能够达到满足植物生长需求并且保持平衡，不能有偏差。

在图 1 中，最短的桶板是钾（K），表示在各种养分和影响因子中，钾最缺乏。在这种环境中，植物的生长状况受到钾的供应量限制，无论其他养分如何丰富，影响因子如何满足植物生长的需求，只要钾的可供量没有提升的话，植物的生长也只能是停留在当前钾养分能够提供的水准上。多贝内克的木桶给出了李比希最小因子定律一个可视的印象图。

李比希提出了最小因子定律之后，各国的植物生理学者对此进行了许多的论证研究，最终得出了下面的结果。

植物的生长受到相当多的要素因子的影响。这些要素因子并不是单独作用，不涉及其他要素因子。它们之间互相影响，具有互抗互补的关系，特别是养分之间的拮抗和协同作用非常明显，李比希最小因子定律并不是一个可以完全适用于植物领域的具有普遍性的规律。

从本质上来说，特定的某一养分不足时，植物并不是按照该养分的可吸收数量为基础对其他养分进行吸收的。通常，植物对养分的过分吸收现象，即养分的吸收量远远超出了生长需要的现象并不少见。特别是植物对氮磷钾这 3 大养分的过剩吸收更是常见现象。另外，即使是土壤中各种养分都保持在高水准上，共存的某些养分之间亦会发生相互妨碍吸收的现象。这种现象称为拮抗，严重时也会引起植物的生长障碍，表现出某种元素的缺乏症状。关于养分间的拮抗和协同作用，作者另外有一篇文章专门进行说明。

从科学的角度来看，李比希最小因子定律是一项经验法则。严格地说，李比希最小因子定律只是在非常有限的条件下才能证明是正确的。但是，从严谨的植物生理学和栽培学理论上来看，李比希最小因子定律虽然有一定的误差，但在通常的环境条件下，仍不失为一项有用的经验法则，在一定的范围内可以适用于指导农作物的栽培。

农业生产的目的是收获植物的有用部分。养分不足的话，不仅导致植物的生长不良，还会使得收获量减少，品质下降。因此，为了保证收获量和收获物的品质，就必须使植物能够正常地生长，土壤中不足的养分则需要从外部追加，以满足植物生长的需要。肥料就是含有植物生长所需养分的物质，在栽培农作物时施用到土壤或其他栽培基质上，用于补充不足养分，达到满足农作物的生长需求。

测土配方施肥就是应用李比希最小因子定律，通过测定土壤中的养分含量，按照农作物生长要求和养分需求规律，对肥料种类和养分含量，数量进行调配和施用来补充土壤中不足的养分，用最少的肥料获得最大产量的效果。

测土是通过仪器分析测定土壤容重，pH，EC（导电度），阳离子交换容量，碱基平衡，可供养分量，磷酸吸收固定系数等土壤的基本物理化学特性，得到土壤的养分保持能力和供

应能力的的数据，应用于农作物的施肥管理上。在日本，测土分析的结果会绘制成土壤诊断表，通过各地政府建立的土壤诊断系统提供给农户。农户则根据土壤诊断的结果获得土壤里储积的养分以及其他影响因子的基础数据，参照各地的修订的各种农作物的诊断标准计算出不足的养分数量来决定肥料种类，施肥数量和时期，达到用最少肥料获得最大收获量的效果。

现在，多贝内克的木桶理论已经走出了植物生理学和栽培学的领域，广泛地被用于解释说明人类营养平衡与健康的关系，个人能力与人才评价的关系，企业内各部门与企业经营的关系，人才与项目进展的关系等方面。这大概是李比希和多贝内克完全没有想到的吧。