

用石灰改善酸化土壤质量

土壤 pH 值是反映土壤质量的优良化学指标。农民可以通过石灰调节酸碱度来改善酸性土壤的质量，使其达到作物生长所需的水平。石灰的好处包括增加养分利用率、改善土壤结构和增加渗透率。

本技术备忘录涉及了以下主题：(1) 土壤 pH 值，(2) 石灰的益处，(3) 石灰材料，和 (4) 实际应用。

土壤 pH

了解土壤 pH 值对于适当管理、最优的土壤和作物生产力是必要的。在水溶液(液体)中，酸是一种向其他物质提供氢离子(H⁺)的物质。

土壤 pH 值是衡量土壤溶液中氢离子数量的指标。然而，土壤溶液中氢离子的实际浓度实际上很小。例如，pH 值为 4 的土壤中的氢离子浓度仅为 0.0001 摩尔/升。(1 摩尔等于 1 克氢中氢原子的数量)。由于这样的数字很难处理，pH 值被表示为氢离子浓度的负对数，这导致了常见的 pH 值范围为 0-14。因此， $\text{pH} = 4.0 = -\log(0.0001)$ 。因为 pH 标度使用对数，**每一个整数变化(例如从 5.0 到 4.0)表示 H⁺离子浓度增加了 10 倍**。注意，随着氢离子数量的增加，pH 值降低。pH 值为 7 的土壤中的氢离子浓度比 pH 值为 5 的土壤低 100 倍。表 1 显示了不同 pH 范围的描述性术语。

表 1. 土壤 pH 值的描述范围

描述	pH		
极端酸	<3.5	中性	6.6-7.3
极酸	3.5-4.4	轻微碱	7.4-7.8
极强酸	4.5-5.0	中度碱	7.9-8.4
强酸	5.1-5.5	强碱	8.5-9.0
温和酸	5.6-6.0	极强碱	>9.0
微酸	6.1-6.5		

土壤 pH 值也是：

- 一个潜在的植物生长指标，和

- 一个需要石灰的指标，但并没有说明需要多少石灰。

一般来说，当你在美国从西北到东南旅行时，土壤的酸性会增加。随着降雨的增加，钙(Ca^{2+})、镁(Mg^{2+})、钾(K^+)和钠(Na^+)等碱(带正电的离子)从土壤中滤出，被氢(H^+)取代。短期的 pH 值变化是由于自然过程和管理，例如

- 降雨；
- 植物去除碱基(如 Ca^{2+})；
- 硝酸氨(NH_4NO_3)等成酸肥料；
- 植物分解过程中产生的有机酸；
- 根呼吸和微生物呼吸产生的二氧化碳。

活性酸度(或土壤-水 pH 值)是由于土壤溶液中 H^+ 离子的存在。酸度高表明需要石灰。潜性酸度(或缓冲 pH)是添加石灰材料时， Al^{3+} 和 H^+ 离子吸附在土壤颗粒(带负电荷的阳离子交换位点)上，并能从这些交换位点解吸到土壤溶液(缓冲土壤)中的量。中和土壤酸度所需的农业石灰石量，是由其潜性酸度决定的。随着潜性酸度增加，需要更多的石灰来提高一定的 pH 值。随着阳离子交换容量的增加(粘土和有机质含量增加)，改变土壤 pH 值所需的石灰量也增加。低阳离子交换容量的土壤可能只需要 1 吨农业石灰石就能将 pH 值从 4.5 改变到 6.5；然而，具有较高 CEC 的土壤可能需要 2 吨农业石灰才能做出同样的改变。

石灰的好处

石灰将提供以下好处：

- 降低 Mn^{2+} 和 Al^{3+} 毒性的可能性；
- 提高微生物活性；
- 改善身体状况(改善结构)；
- 改善豆科植物的共生固氮；
- 提高牧草的适口性；
- 为 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 提供廉价的来源，当这些营养素在较低的 pH 值缺乏；
- 提高养分利用率(在 pH 值为 6.0 - 7.0 时，磷和钼的利用率随着 pH 值的增加而增加，然而，其他微量元素的利用率随着 pH 值的降低而增加)。

农作物对酸性土壤的耐受性差别很大。表 2 显示了不同作物的最佳土壤 pH 值。

石灰性材料

石灰材料通常是钙或镁碳酸盐、氧化物和氢氧化物。石灰材料是有效的，当它们：

- 去除交换位点上的 H^+ 和 Al^{3+} (潜性酸度)；
- 中和溶液中的 H^+ (活性酸度)；
- 经济的。

为了使石灰材料是经济的，它通常必须是一种盐。强碱和强酸如 $NaCl$ (氯化钠) 或 $CaSO_4$ (石膏) 不能有效提高 pH 值，因为不会释放氢氧基 (OH^-) 以形成水 (H_2O) 来中和 H^+ 。强碱和弱酸的盐可以提高 pH 值，如下式所示。



Ca^{2+} 在交换位点上取代 H^+ 和 Al^{3+} ，其中 OH^- 中和溶液中的 H^+ 。石灰材料的有效性取决于两个因素：

- 碳酸钙当量 (CCE)，和
- 材料纯度

这两个因素结合在一起称为有效碳酸钙 (ECC)。

碳酸钙当量 (Calcium Carbonate Equivalent) CCE 的计算

CCE 是一种将所有石灰性材料与 $CaCO_3$ 关联作为标准的方法。 $CaCO_3$ 的分子量为 100 ($Ca=40, C=12, O=16 \times 3$)，理论上建立了 $CaCO_3$ 的 CCE 值为 100。当使用碳酸钙以外的其他材料时，用碳酸钙的分子量除以其他材料的分子量。

例如，使用草木灰作为石灰材料的计算如下：

草木灰 (K_2CO_3) 分子量=138

$CaCO_3 = 100$

$100/138 = 0.72$ (CCE) 或与 $CaCO_3$ 相比具有 72% 的有效性。

所以如果一种土壤需要 1000 磅农用石灰，你应该除以 CCE 值 (K_2CO_3) 0.72，以确定所需的 K_2CO_3 量。

$1,000 \text{ lbs. } CaCO_3 / 0.72 = 1,389 \text{ lbs. } K_2CO_3$

这里所需的 1389 磅重量的 K_2CO_3 与 1000 磅的碳酸钙可达到同样效果。

表 3 为其他材料与 CaCO₃ 的中和值对比。

材料	分子量	中和值 (%)
方解值	100	100
生石灰或氧化钙	56	179
白云石(CaCO ₃ + MgCO ₃)	184 (平均 92)	109
炉渣(CaSiCO ₃)	116	86
熟石灰[Ca(OH) ₂]	74	135
泥灰(视黏土含量而定)		70-90

要精确计算 CCE 必须考虑所应用原材料的纯度。如果一种材料含 10%的水或惰性物质，则取其纯度并乘以 CCE，以确定该材料的最终 CCE (如 CCE)。许多州的法律要求石灰材料的纯度达到 90%或更高。

有效碳酸钙 ECC (effective calcium carbonate) 的计算

农业石灰石的有效性取决于细度，因为反应速率取决于与土壤接触的材料(表面积)的大小。农业用石灰石既包括粗料，也包括细料。许多州要求 75%到 100%的石灰石通过 8-10 目筛，25%通过 60 目筛。在许多南方州，州的石灰法要求过 10 目筛后不超过 10%的残留(物料太粗难于反应或反应为 0%)，过 60 目筛后不超过 40%残留(通过 10 目筛的原料有 50%的活性)，而且至少 50%必须通过 60 筛网(这个大小的材料有 100%活性)。

一个计算细度系数的例子。

- 10 目筛 10%的残留(0%的活性)=0
- 10 目-60 目之间 40%[50%的反应活性($0.40 \times 0.50 = 0.20$)]
- 50%通过 60 目[100%的反应活性($0.50 \times 1.0 = 0.50$)]
- 将 0.20 加到 0.50
- 细度系数=0.70

计算有效碳酸钙因子(ECC)，将细度因子乘以 CCE： $0.70(\text{细度}) \times 0.90$
(CCE)=0.63(ECC)。

在州法律要求 0.70 细度和 CCE 0.90 的州，ECC 是 0.63。因此，在这些州，

农业石灰的有效含量为 63%。重要的是，当处理石灰材料和应用数量时，你要知道你所在州的石灰法。

下面是一个例子：

- 州土壤测试实验室推荐使用 1 吨石灰(假设 63%有效)；
- 您的石灰材料的有效性是 100%；
- $2000 \text{ 磅} \times 0.63 = 1,260 \text{ 磅}$ ；
- 生产者将每英亩施用 1260 磅石灰材料量。

实际应用

(1) 你是一名地区环保人士，为一个废弃的煤矿复垦地提供技术援助。承包商说，他可以比农业石灰更均匀地喷洒液体石灰(悬浮液)。石灰石的需要量(土壤测试建议)是每英亩 4000 磅 (63%有效)。需要多少悬浮液？悬浮液由下列比例组成。

48%磨细的石灰(通过 200 目，100%有效)；

2%的粘土使其保持悬浮状态；

50%的水分。

计算：

$4000 \text{ 磅} \times 0.63 \text{ (有效性)} = 2520 \text{ 磅}$ (所需 100%有效石灰量)；

$2520 \text{ 磅} / 0.48 \text{ (固体含量\%)} = 5,250 \text{ 磅}$ (悬浮性石灰) (相当于 4000 磅农业石灰岩)。

(2) 你是一个石油保护主义者，正在为农民提供一个保护计划援助。这个农民免耕已经干得不错三年了，他还想继续干下去。一份土壤测试报告建议每英亩施用 1 吨农业石灰石。农民说需要耕作才能混合石灰。对此你如何回应？

答:研究和农民的经验都表明，表面应用是足够可以的。由于动物和根系的通道，比耕地具有更大的渗透，石灰石能移动得更深。表层土壤(2-3 英寸)应单独取样，因为表层施氮会使这一区域变得更酸。在长期免耕系统中，更频繁、更少量地施用石灰可以维持推荐的 pH 值。通过避免耕作，过去通过增加有机质而取得的土壤质量改善不会被破坏。