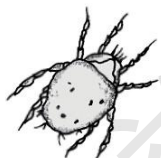


《土壤健康指南》第九部分

土壤反应性碳、EC 值



美国农业部

《土壤健康管理指南》



山东益禾箭生物技术有限公司 编译

第 5 章 土壤健康评价

第 11 节 土壤反应性碳

土壤有机质 (SOM) 中含有不同降解程度的 C 化合物, 从非常容易分解的到极难分解的 (顽固不化)。每种 C 组分在土壤中的停留时间不同, 发挥的作用也不同。反应碳 (RC), 也称为高锰酸盐氧化碳 (POxC), 是 SOM 池的一部分, 它可在高锰酸钾存在的溶液中被氧化。被这种化合物氧化的碳包括最容易被微生物降解的碳以及与土壤矿物质结合的碳, 这使得 RC 的解释有些困难。由于与矿物组分的这种联系, RC 被认为是一种化学批标, 而不是生物指标。然而, 最近在一系列环境和管理条件下进行的一项研究 (12 项研究) 表明, POxC 与颗粒有机碳、土壤微生物生物量碳 (BMC) 显著相关, 在另一项研究中, 与土壤有机碳显著相关。

RC 的停留时间估计为 2 - 5 年, 而顽固的 C (例如腐殖质) 的周转时间为几百 - 几千年。反应性碳起源于不同的土壤有机质组份。这些组分包括新鲜有机物质、土壤微生物生物量、颗粒有机质和其他容易代谢的有机化合物, 如碳水化合物 (糖类) 和蛋白质 (氨基酸), 以及与土壤矿物质松散结合的 C。由于其相对较短的周转时间, 相对于总有机碳 (TOC), RC 对影响农业生态系统土壤 C 管理的变化更为敏感。反应性碳可作为作物和控制土壤 SOM 含量的管理措施所产生变化的指标, 。

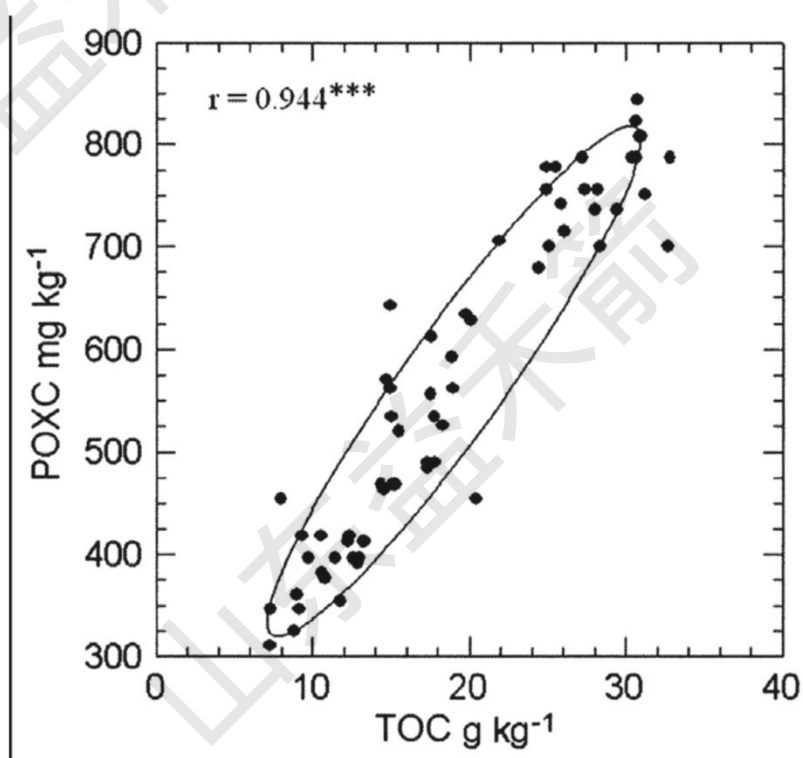
1. 影响因素

内在的-土壤气候条件 (土壤湿度和温度) 影响有机碳的矿化速率, 同时也影响 SOM 中反应性 C 数量的积累或下降。粘土矿物可以强烈束缚 SOM, 因此保护有机物和相关的反应性 C 快速矿化, 而沙子和淤泥无结合力。极差的排水产生有利于甲烷 (CH_4) 的形成厌氧条件, 导致碳的系统性损失, TOC 和 RC 含量下降。

动态的-图 1 显示了 TOC 和 RC 之间显著的正相关关系, 一项研究显示, 随着 POxC 的增加, TOC 含量也增加。然而, 在最近的研究中, 这种关系并不是那么强烈。同样, 在文献中已经报道了 RC 与微生物生物量水平和团聚体稳定性之间的正丰关。SOM 对团聚体形成的有利影响是确定的。这些关系可能是由于碳在团聚体内积累, 并在那里受到保护不被氧化。

2. 与土壤功能的关系

已经有很好的记录，许多土壤功能都受到 SOM 的强烈影响，而且由于 SOM 与 TOC 和微生物生物量的关系，它们能很可能与 RC 也有关。然而，由于高锰酸钾氧化法提取的 C 组份的确切性质尚未完全确定，其影响的功能必须概括地加以处理。高水平的 SOM(以及与之相伴的高水平的反应性 C)强化了水-团聚体的稳定性，改善了土壤水的渗透，减少了水土流失和风蚀造成的土壤退化。的反应性碳与许多



反应性碳与土壤总碳的关系

土壤过程有关，包括微生物生物量的生长/活性和养分循环。研究人员发现，POxC 与 MBC 和 SOC 显著相关，因此，POxC 可能同样适用于跟踪那些促进碳封存的管理实践。

3. 缺乏活力的问题

由于 RC 的周转时间相对较短，RC 的显著下降可能表明 SOM 的下降，并表明与 SOM 相关的物理、化学和生物性能和过程的恶化。由 RC 下降引起的不利影响

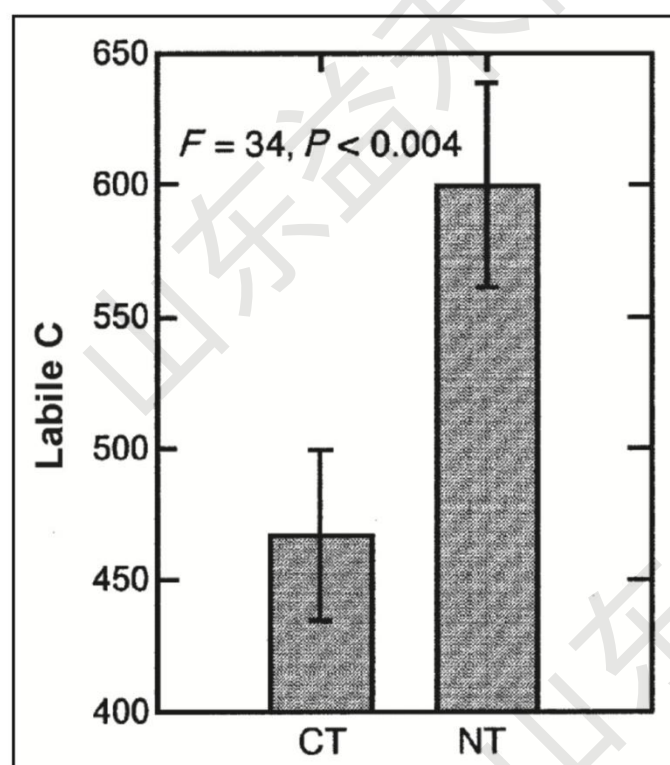
包括：降低团聚体稳定性，增加容重，降低水的渗透性，保水能力，微生物活性和养分有效性。

4. 改善管理

所有增加 SOM 的做法都可能增加 RC。图 2 显示了两种不同土壤管理方式下 RC 含量的变化。正如预期的那样，与常规耕作 (CT) 相比，免耕 (NT) 导致 SOM 和 RC 显著增加。一些有利于增加 SOM (和潜在的 RC) 的措施是：

- 减少耕作(免耕)；
- 采用作物轮作、覆盖作物或其他作物多样化措施；
- 添加肥料、新鲜残渣和堆肥；或
- 以上的组合。

5. 测量和解释



耕作对土壤不稳定性碳的影响

目前测定反应性碳的方法是高锰酸钾氧化法。参见 NRCS 反应性炭田间测试套件(contact the Kellogg National Soil Survey Laboratory in Lincoln, Nebraska, for more information) 。康奈尔大学开发了一个评分曲线(仅适用于纽约地区)，该曲线基于 Andrews 等(2004)的研究工作，进行解释纽约地区反应性碳的土壤质量指标值。图 3 显示了 RC 的得分(红色=约束，黄色=潜在约束，蓝色=无约束)。

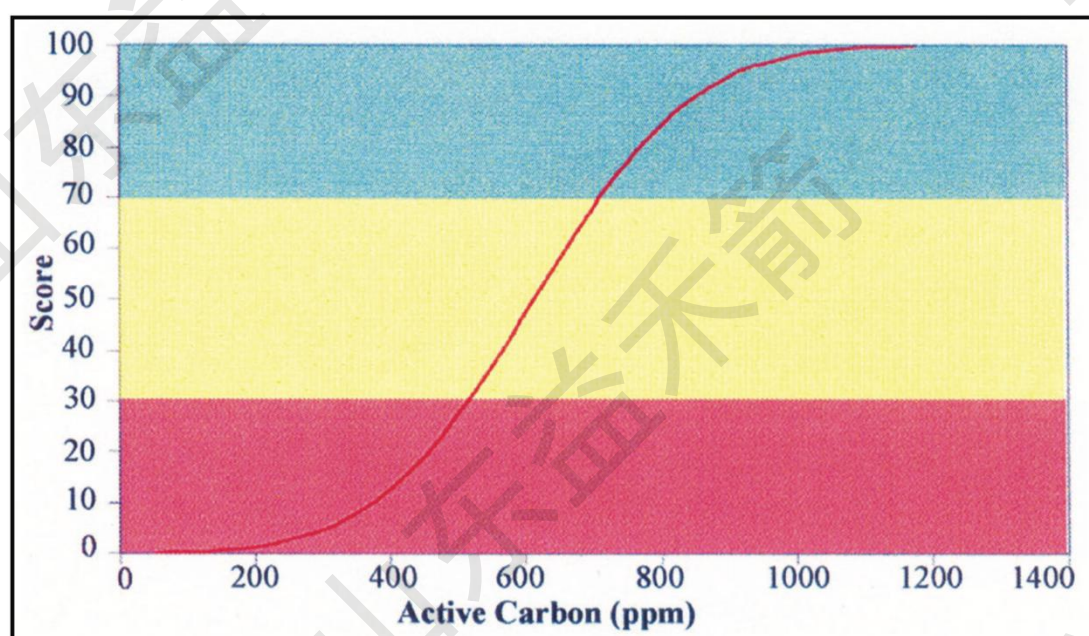


Figure 3. Reactive carbon interpretation (Cornell University Soil Health, unpublished).

第 12 节 土壤 EC 值

土壤电导率 (EC) 是衡量土壤水分传导电流的能力。电导率是一个电解过程，主要发生在充满水的孔隙。溶解在土壤中的盐的阳离子 (Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 和 NH_4^{+}) 和阴离子 (SO_4^{2-} 、 Cl^{-} 、 NO_3^{-} 和 HCO_3^{-}) 携带电荷并传导电流。因此，离子的浓度决定了土壤的 EC。在农业方面，EC 主要被用作土壤盐度的衡量标准 (表 1)；然而，在非盐渍土中，EC 可以用来估计其他土壤特性，如土壤湿度和土壤深度。EC 用每米的西门子 (dS/m) 表示。

1. 影响因素

内在的—影响土壤电导率的内在因素包括：溶液中可溶盐的数量和类型、孔隙度、土壤质地 (特别是粘土含量和矿物学)、土壤湿度和土壤温度。高水平的降水可以冲走土壤中的可溶性盐，减少 EC。相反，在干旱土壤 (降水少)，可溶性盐更有可能在土壤剖面中积累，导致高 EC。当土壤水的温度低于冰点时，电导率急剧下降 (由于水的粘度增加和离子的流动性下降，EC 每摄氏度下降约 2.2%)。一般来说，EC 随粘土含量的增加而增加。以高阳离子交换能力 (CEC) 粘土矿物 (如蒙脱石) 为主的黏土，比以低阳离子交换能力粘土矿物 (如高岭石) 为主的黏土，具有更高的 EC。在可溶性盐和交换性钠含量高的干旱土壤中，EC 表现出极高的水平。在地下水位高且盐碱化的土壤中，水会因毛细作用而升高，土壤表层盐浓度和 EC 增加。

一般认为孔隙度越高 (土壤含水量越高)，土壤的导流能力越大；也就是说，在其他性质相似的情况下，土壤越湿润，EC 越高。土壤母质对 EC 变异有一定的影响。花岗岩比海洋页岩具有较低的 EC，粘性湖沉积物比砂质冰水沉积和冲积沉积具有更高的 EC 值。盐渍土 ($\text{EC}_e \geq 4 \text{ dS/m}$) 和纳土 (钠吸收比 ≥ 13) 具有较高 EC 特征。科学文献报道了用商业传感器测量的 EC 值与粘土层、基岩和脆盘土的深度之间的关系。农田中的微地形洼地通常较湿润，有机质和营养物质积累较多，因此比周围地势较高、排水条件较好的地区具有更高的 EC。

动态的—富含有机质或化学肥料 (如 NH_4OH) 的矿质土壤的 CEC 高于不富含有机质的土壤，这是因为有机质提高了土壤的持水能力，而合成肥料增加了盐分含量。在某些情况下，城市垃圾在土壤上的持续施用会增加土壤的 EC。电导率已

被用来推断动物粪便在土壤中的相对浓度、程度和运转。因为它对可溶性盐的敏感性, EC 是评价地表水和地下水污染的一种有效度量。虽然 EC 不能提供对特定离子或化合物的直接测量, 但它已与土壤中的钾、钠、氯、硫酸盐、氨和硝酸盐的浓度相关。渗水不良会导致排水不良、内涝和 EC 增加。

2. 与土壤功能的关系

土壤 EC 不直接影响植物生长, 但已被用作植物可吸收的有效养分和含盐量的间接指标。欧共体已被用作替代量度: 盐浓度、有机物质、阳离子交换能力、土壤质地、土壤厚度、养分(如硝酸盐)、保水能力和排水条件。在特定位点的管理和高强度的土壤调查中, EC 被用来划分管理单位、区分土壤类型和预测土壤肥力和作物产量。例如, 农民可以使用欧共体地图对土壤类型不同的区域应用不同的管理策略(例如氮肥)。在一些管理单位中, 高 EC 与高硝酸盐和其他土壤养分(磷、钾、钙、镁、锰、锌和铜)水平有关。

大多数微生物对盐(高 EC)敏感。放线菌和真菌没有细菌那么敏感, 除了盐生菌(耐盐菌)。微生物过程, 包括呼吸和硝化作用, 随着 EC 的增加而下降(表 2)。

3. 土壤 EC 水平差的问题

高 EC 可以作为高盐度($EC > 4 \text{ dS / m}$)的问题的指征, 这一问题阻碍了作物生长(不能吸收水分, 即使存在)和微生物活动(表 2 和 3)。高浓度的钠导致的高 EC 土壤, 一般结构和排水不良, 钠会变的对植物有害。

4. 改善土壤 EC

有效的灌溉措施, 将土壤中的可溶性盐洗出并超过生根深度, 可以减少 EC。应避免过度灌溉和涝渍, 因为上升的地下水位可能会把可溶盐带入根区。在干旱气候下, 植物残渣和覆盖物有助于土壤保持湿润, 从而使季节性降水和灌溉更有效地从地表沥滤盐分。为避免灌溉水高含盐量的不利影响, 必须计算每种作物的淋滤需水量。淋溶需水量是冲洗根区以下过量盐所需的水量, 即维持目标含盐量所需的额外水量。添加有机物质, 如粪肥和堆肥, 通过添加阳离子和阴离子增加了 EC, 提高了保水能力。在某些情况下, 灌溉和排水的结合是必要的, 以降低盐浓度和 EC。EC 水(EC_w) $\leq 0.75 \text{ dS/m}$ 被认为适合灌溉用水。如果用水超过这个值, 就必须进行沥滤或沥滤和排水的结合。

5. 测量土壤 EC

EC 袖珍仪表是用于野外测量的。该方法在土壤质量检测试剂盒指南中有描述。使用电子仪表前一定要校准。

袖珍测定仪可以通过直接插入土壤的探针来扩大作用，以测量底土的 EC 和 N03-并进行其他估算。NRCS 的土壤科学家和农学家使用电磁感应计，而不是袖珍电磁感应计，在田间尺度上绘制电磁感应和相关土壤属性的空间变异性。精密农业电子地图采用特殊传感器。

所需时间:10 分钟