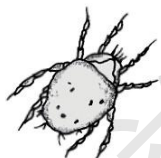


《土壤健康指南》第八部分
化学指标综述



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 化学指标综述

什么是土壤质量?土壤质量的简明定义包括“适合使用”和“土壤的功能能力”。结合这些因素,土壤质量就是土壤执行其预期用途所必需的功能的能力。Dora 和 Parkin(1994)将土壤质量定义为:土壤在生态系统和土地利用边界内运行,以维持生物生产力、维持环境质量和促进动植物健康的能力。另一些人将其定义为:土壤在不导致土壤退化或以其他方式损害环境的情况下,支持作物生长的能力或适合性,或者更简单地定义为符合目的性(Oliver et al., 2013)。土壤质量通常被视为土壤的抽象特征,无法定义,因为它取决于外部因素,如土地的利用和土壤管理实践、生态系统和环境相互作用,以及社会经济和政治优先顺序(Pankhurst 等, 1997 年)。也可以根据特定的土壤功能评估土壤质量(Larson 和 Pierce, 1994)。然而,土壤功能本身是不能直接测量的,代之为选定的土壤物理、化学和生物特性,来量化与特定目标相关的土壤质量功能。这些土壤特性称为土壤质量指标。

土壤质量指标是土壤测量值,这些值能够代表系统状态或执行系统功能的土壤能力。一个好的指标的属性包括:对变化的敏感性,易于测量和解释,可重复的方法和可逆性-不管是改善或衰退都可以被监测到。

广泛使用的不同化学指标都与其所测量的基本功能有关。这些基本功能包括:(1)促进生物多样性的活动和生产力,(2)过滤、缓冲、降解,排毒有机和无机材料,(3)调节和分配水与溶质流,(4)碳和养分循环,(5)为动植物提供物理稳定性,以及提供与与人类的栖息地有关的支持结构。见表 1 所示。

土壤的化学成分和性质影响着土壤环境中发生的许多反应和过程。例如,土壤的 pH 值控制着重金属,诸如铝、铁、锰、铜、锌等的溶解度和流动性,控制着营养物质,如磷。它还能控制许多重金属的毒性,还影响饱和度百分比、土壤缓冲能力、阳离子交换能力(CEC)和土壤生物特性,如微生物的生长和多样性(除了嗜酸种,与真菌相比,细菌对低 pH 值非常敏感)。象物理和生物指标一样,化学指标对土壤管理和自然干扰也很敏感。耕作措施(如连续耕作、保护性耕作、有机和无机改良)可能会改变土壤反应(pH)水平,以及硝酸盐、TOC 和磷含量。

没有被石灰校正 pH 值的连续栽培，会导致土壤酸化。碱性土壤中连续使用酸化肥料，如硝酸铵、硫酸铵和单质硫(S)，会降低土壤的 pH 值。豆科作物能轻微地使土壤酸化。高盐浓度的灌溉水会导致土壤盐渍化(高 EC 值)。

除表 1 所示的指标外，许多其他土壤化学性质，包括 CEC、盐基饱和度和可交换性钠百分比(ESP)，已被建议作为潜在的土壤质量指标。然而，这些特性只能在实验室中测量，而且只有少量的化学特性能直接在田间现场测量。在野外很少能测量到化学性质，因为在野外条件下测量的数据表现出高度的变化，如从一个数据点到另一个数据点的变化(微地形变化)、季节变化(含水量)、土壤类型(质地)等。由于野外的变化使确定准确的数据变得困难，对于很多化学特性，可能需要进行多次野外测量(即大量的样品)才能获得较少变化的数据。

田间可直接测定的化学指标有：土壤 pH 值、EC、氮-硝态氮和磷-磷酸盐(特别是磷测试条)。反应碳分别在实验室和田间办公室进行测量，虽然该指标与有机质有关，但在此过程中使用的化学试剂也可以溶解土壤样品中与矿物组分有关的碳。

表 1 显示了不同的化学指标与不同土壤质量功能之间的关系。如表中所示，指标可以与多个函数相关。

表 1. 与土壤质量功能相关的化学指标。(星号的数量表示指标和功能之间的关系强度。例如，3 个星号表示该化学物质是主要指标，1 或 2 个星号表示该化学物质是次要指标。)

土壤质量指标	土壤功能				
	持续的生物多样性、活性、生产力“D”	调节和分配土壤水分和溶液流“W”	过滤、缓冲、降解、解毒“F”	营养和碳素贮存和循环“N”	向植物提供物理稳定性和支持“S”
磷 ^b	★	★	—	—	—
反应性碳 ^a	★★	★	★★★★	★★	★★
土壤 EC ^b	—	★★★★	—	—	—
土壤氮 ^b	★	★	—	—	—
土壤 pH ^{b, d}	★★	★★★★	★★★★	★★★★	—
a 实验室/办公室方法 b 田间方法 c 耗时 d 简单肉眼观察					

土壤反应(pH)一般是指土壤的酸碱度。化学上,它被定义为土壤溶液中的 $\log_{10}$ 氢离子(H^+)。 (H^+) 表示溶液中氢离子的活度,而不是氢离子的浓度,用 $[H^+]$ 表示。pH 值范围 0-14, pH 为 7 被认为是中性的。

如果 pH 值大于 7,则认为溶液为碱性;如果小于 7,溶液就是酸性的。重要的是要认识到,因为 pH 刻度是对数单位,几个 pH 单位的变化,就能引起化学环境和敏感生物过程的显著变化。例如, pH 为 5 的土壤的酸性分别是 pH 为 6 和 7 的土壤的 10 倍或 100 倍。土壤溶液中 H^+ 离子的来源包括有机物分解产生的二氧化碳(CO_2)、根呼吸作用和土壤大气溶解在土壤水中所产生的碳酸。其他 H^+ 离子的来源有,根的释放、铝离子(Al^{3+})与水的反应、铵态肥料硝化作用和有机质矿化、硫化物的反应、雨水和酸雨。某些土壤对 pH 值(缓冲能力)的下降或上升更有抵抗力。因此,石灰需要量-要将酸性土壤的 pH 值提高到所需的水平石灰石(碳酸钙)的数量-必须在对土壤进行修复之前,针对每个农田具体确定。有些作物在酸性土壤上生长良好或耐受酸性土壤,有些作物在碱性土壤上生长良好或耐受碱性土壤。大多数作物生长在 pH 值在 6 - 7.5 之间的土壤中;然而,很少有植物喜欢酸性或碱性土壤。

反应性碳(RC),又称高锰酸钾可氧化碳($POx C$)或活性碳,是土壤有机质(SOM)池中的一部分,它可在高锰酸钾存在的溶液中氧化。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 被认为是一种化学指标,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, $POx C$ 与颗粒有机碳、土壤微生物生物量碳(BMC)显著相关,而在另一项研究中,与土壤有机碳显著相关。

RC 的停留时间估计为 2 - 5 年,相对顽固的 C(例如腐殖质)的周转时间则为几百-几千年。活性碳来源于 SOM 的不同组分。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 C。由于其相对较短的周转时间,RC 对影响农业生态系统土壤 C 的管理变化比 TOC 更敏感,反应性碳可以用来作为作物和土壤管理措施所产生的变化的指标,以控制 SOM 含量。

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。来源于溶解在土壤水中的盐的阳离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 和 NH_4^{+})和阴离子(SO_4 、 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主要被用来衡量土壤盐分(见表1);然而,在非盐渍土壤中,EC可以用来估计其他土壤属性,如土壤湿度、土壤深度和养分含量(如硝酸盐浓度)。EC用每米西门子(dS/m)表示。饱和提取物测定的EC值大于 4mmhos/cm (4ds/m)的土壤为盐渍土,对盐渍敏感的作物生长受到限制。近年来,监测仪已经用于绘制电导率图和推导硝酸盐浓度;Smi和Doran(1996)报道,硝酸盐随着EC的增加而增加。