

碳储存与其他重要的土壤生态系统服务

科学家们归纳了上千种不同土壤的特点。每种土壤中，矿物质、生物体、有机物质、水和气体的组成都有所不同 (WRB, 2006, FAO 等 2009)。土壤由岩石经过上千年分解而成，为植物和土壤生物提供生长场所，并形成土壤有机质。虽然土壤有机质的主要成分是碳，但同样也含有植物生长必须的氮，磷，硫等微量元素（专栏1）。土壤食物网中的生物把土壤有机质分解成可利用的营养物质 (Brussaard 等 2007)，其分解率及流动率主要取决于不同的土壤生物群、温度、水分、土壤的化学和物理组成部分等几个要素之间的相互作用 (Taylor 等 2009)。

土壤的利用及价值通常与农业相关，但对其它生态系统服务的供给也很重要（专栏2）。土壤碳的数量和活性是决定生态系统服务的数量和质量的主要因素。生态系统服务一般分为四类：

支持性服务：此服务能加强对其它生态系统服务传递，有助于人类从自然环境中获益。土壤有机质是影响土壤支持生态系统服务能力的一个关键因素。土壤的固有特性（例如土壤肥力，土壤生物多样性，吸收、保持和运输水和碳的能力，生成和释放温室气体的能力）在很大程度上取决于不同土壤形成和分解土壤有机质的能力。

调节性服务：在全球范围内，每年约有750亿吨土壤因水和风的侵蚀而流失 (Wachs, Thibault 2009)。土壤有机质能够抵抗土壤侵蚀，有助于通过增强渗透调节洪水，减少高地到低地地区的径流，减缓水的流动。土壤有机质还有助于保留和分解农业化肥、病原体和环境污染物的排放 (Burauel 和 Baßmann 2005)。由于土壤碳是陆地生物圈中最大的碳储存库，因此土壤在调节气候方面起着重要的作用 (Batjes 和 Sombroek 1997)。

供给性服务：土壤是粮食生产和纤维制造的基础，对于水分补给也十分重要。土壤有机质在这两个服务中都必不可少，



退化土壤中水的渗透能力降低。因此，在这样的土壤中，渗透的雨水很少能补给土壤和地下水，更多的是通过蒸发和径流而流失。来源：Elke Noellmeyer。

因为它会影响营养物质和水的供应以及土壤的组成。通过保护植物和环境免受水压和过多水分的影响，它可以提高应对气候变化的能力。自古以来，富含碳的泥炭土都是燃料的来源。如今，它也为园艺行业提供栽培基质。

文化性服务：自古以来，土壤的使用方式和管理对人类文化影响深远。土壤的性质和碳含量影响着自然景观和环境，多元文化在这种环境中得以发展和繁荣。土壤有机质也有利于土壤记录过去的文明和气候并保护考古遗迹。



水量充足的泥炭地几乎能永久保护考古遗迹。生活在2500年前的托兰人木乃伊于1950年在丹麦泥炭沼泽里被发现。来源：Cochyn

支持性服务：

营养物质循环，释水与持水，土壤形成，生物多样性栖息地，大气圈气体交换，复杂物质的降解



来源：Elke Noellemeier

调节性服务：

碳封存，温室气体排放，水质净化，污染物自然衰减



来源：M á rton B á lint

供给性服务：

粮食与纤维的生产，水的可用性，建设的平台



来源：Anja Leide

文化性服务：

考古遗迹的保护，户外娱乐活动，景观，支撑栖息地



来源：Kevin Bacher, NPS

土壤碳的多重效益管理是其可持续利用的关键。当土壤管理只着眼于单一的生态系统服务时，就应当权衡生态系统所提供的其他服务的利益。例如，使用干涸的泥炭地进行生物质生产会大大减少土壤的碳储量，破坏原生栖息地，改变泥炭地调节气候的能力。相反，土壤碳的管理可以提升一系列生态系统的服务性。增加退化土壤中有机质的数量，可以在促进农业生产的同时，既隔绝二氧化碳，避免其释放以加剧气候变化，又提高土壤的吸水力。

什么决定了土壤碳的全球分布？

土壤有机碳的全球分布与全球降水分布相对应，潮湿地区的碳累积量较多一些（图3）。大多数土壤有机碳存在于北半球，因为北半球处于湿润地带的陆地多于南半球。而温度对全球土壤有机碳的分布起着次要作用，这一点，可以从热带和极地的潮湿地带深泥炭的储量加以说明。在不同的气候带，土壤有机碳含量取决于土壤湿度，而土壤湿度又受地形、土壤结构和粘土类型等因素的影响。含水量高的土壤有利于保持土壤有机碳，因为在潮湿的土壤中，氧气供应的减少减缓了土壤中微生物对土壤有机质的分解。而

在干燥且透气良好的土壤中，土壤有机质因分解较快而导致积累较少。如果土壤中的氧气，水分含量和营养物质足够充分，高温则会加速其生物学进程，诸如生物量生产和分解等，引起土壤有机碳的动态变化（Batjes 2011）。那就是为什么干涸的泥炭地会导致土壤有机质的快速氧化，并向大气中释放大量的二氧化碳，尤其是在温暖的气候条件下。同样，将天然草原或森林转变成耕地，则会破坏土壤团粒结构，使土壤透气性能更好，从而加剧土壤有机质的分解和二氧化碳的排放。越是温暖的气候条件，越有可能发生。科学家已证实，耕作农业中，“免耕”土地管理，能够降低碳流失，提高碳封存的潜力（专栏3）。

不同类型的土壤覆盖，导致土壤中碳的含量不尽相同（图4）。热带稀树草原，土壤中有机质含量相对较低，但由于其广袤的覆盖面积，碳储存总量显著，居全球前列。相反，泥炭地，只覆盖全球陆地面积的3%，却储存了地球上近三分之一的土壤碳，成为陆地生态系统中最节省空间的碳储存生态系统。干旱且退化的泥炭地共计5000万公顷（占全球陆地面积的0.3%），每年排放超过20亿吨二氧化碳——相当于全球人为活动产生的二氧化碳排放量的6%（Joosten 2009）。