



土壤碳的效益

——土壤管理带来的经济、社会和环境多种效益

鉴于世界人口不断增长，预计20年内全球食物需求量将增长50%，水资源需求量将增加35%-60%，能源需求量将增加45%，最终导致全球土壤承受的压力日趋增加。由于土壤碳在调节气候、水资源供给和生物多样性方面发挥着至关重要的作用，因此对提供给人类必需的生态系统服务方面也非常重要。为了通过土壤管理获得经济、社会和环境多种效益，我们需要能够维持并增加土壤碳的综合政策和激励机制，也需采取果断措施来限制由二氧化碳侵蚀和排放以及其他温室气体排放对土壤碳所造成的损失。

全球土壤碳库总量约为22 000亿吨，其中有三分之二以有机物形式存在(Batjes 1996)，这一含量是大气中碳含量的三倍多。然而，土壤退化容易引起碳流失(图1)，而且土地利用类型的改变和不利于土地可持续生产的管理会导致其加速分解，向大气排放温室气体。(Lal 2010a, b)。

为满足全球人口对食物、水和能源的需求，土地利用类型会更加集约(Foresight 2011)，如果当我们面临眼前挑战时仍然希望能够为后代保留这种珍贵的资源，那么通过合理管制土壤，保持甚至增加碳存储的措施举足轻重。十九世纪以来，全球约60%的土壤和植被中的碳因土地使用不当而流失(Houghton 1995)。在过去的25年中，全球四分之一的土地因土壤碳的流失而导致产量大大下降，其提供生态系统服务的能力也随之下降(Bai 等 2008)。

传统农业耕作方式导致水土流失发生的速率要比土壤自然诱发的快100倍 (Montgomery 2007)，全球泥炭地的干涸导致碳含量很高的泥炭消失，且消失的速率比泥炭地积累碳含量的速率快20倍(Joosten 2009)。

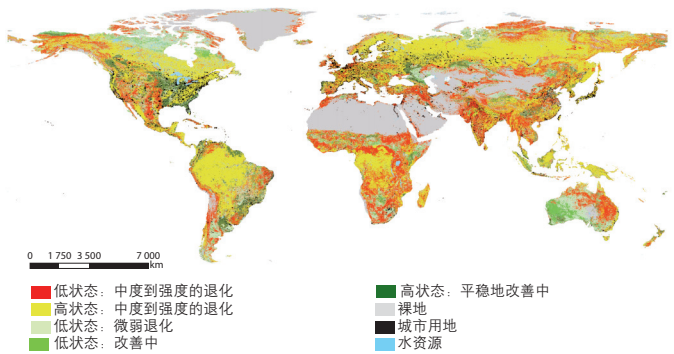


图 1：土地退化是指在一段时间内土地提供生态系统服务能力的下降。土地使用的压力会导致土地退化。土壤碳流失是土地退化的一种重要形式，会导致土地生产力以及为其他生态系统提供服务能力的丧失。图中显示了土地提供生态系统服务能力的现状（低、高）和其变化的态势（严重退化、微弱退化、稳定、改善中）。这些全球性的结果是表明国家和地区的土壤压力及土壤发展趋势的第一批数据，同时也为不同的土地使用类型或者不同地理区域之间的比较提供便利。资料来源：Nachtergaele等（2011）

印度尼西亚加里曼丹中部，干旱泥炭地的农业正逐渐导致土壤碳的大量流失。来源：Hans Joosten
作者：Reynaldo Victoria (主席), Steven Banwart, Helaina Black, John Ingram, Hans Joosten, Eleanor Milne and Elke Noellemeyer. 科普作者：Yvonne Baskin

土壤是地球“关键区域”的核心，这一关键区是树冠顶部和地下水含水层底部之间稀薄的部分，人类依赖其提供的大部分资源而得以生存 (US NRC 2001, Planet Earth 2005)。经过数千年的演变，土壤得以形成，并以不同速率、不同途径不断地发生变化，而植物和土壤生物区把从岩石崩坍产生的矿物质移入其中，控制了碳、营养物质和水循环，导致了土壤有机质和土壤结构的形成 (Brantley 2010)。土壤碳以有机物和无机物的形式存在。土壤中的无机碳来自基岩，而当二氧化碳以矿物质的形式 (比如碳酸钙) 存在时，也会形成无机碳。相对于土壤有机碳而言，土壤无机碳比较稳定，不易流失。尽管土壤无机碳会溶解，特别是在酸性条件下，但是却不易生物降解。

土壤有机碳是土壤有机质的主要组成部分。有机物的生物、化学和物理降解会产生土壤有机质，这些有机物会通过地上资源和地下资源两种媒介进入土壤系统中。地上资源包括落叶、农作物残余、动物粪便和动物遗体，地下资源包括树根或者土壤生物区。土壤有机质的基本组成是各不相同，构成成分依次是50%的碳 (Broadbent 1953)、40%的氧、3%的氮以及较少的

磷、钾、钙、镁和其他微量营养元素。土壤生物区 (从微生物到蚯蚓) 为土壤有机质的混合提供生物能量，并且通过物理和生物化学反应分解有机物，这些生物化学反应将产生的碳和营养物重新送回到土壤中，将诸如二氧化碳 (CO₂)、一氧化二氮 (N₂O) 和甲烷 (CH₄) 等温室气体排放到大气中 (图2)。

土壤管理会影响到这些过程的相对平衡及其对环境的影响。随着土壤有机质的分解，一些碳元素被快速矿化成二氧化碳，从土壤中消失，土壤有机质也会因物理侵蚀而流失。土壤有机质进行生物降解时包含的有机氮转化成一氧化二氮和其他氧化氮化合物。然而，一些土壤有机质不容易降解，因此当土壤随着时间推移而没有受到影响时，土壤有机碳含量就会增加。水分饱和的土壤中，土壤有机质会不断积累形成深厚的泥炭地土层 (Beer 和 Blodau 2007)。有机物附着于矿物质，特别是粘土颗粒——这样的过程可以进一步防止碳的流失 (Von Lütow等 2006)。有机物也可以增加土壤的粘合强度，提高土壤肥力、促进水循环，提高抗腐蚀性。

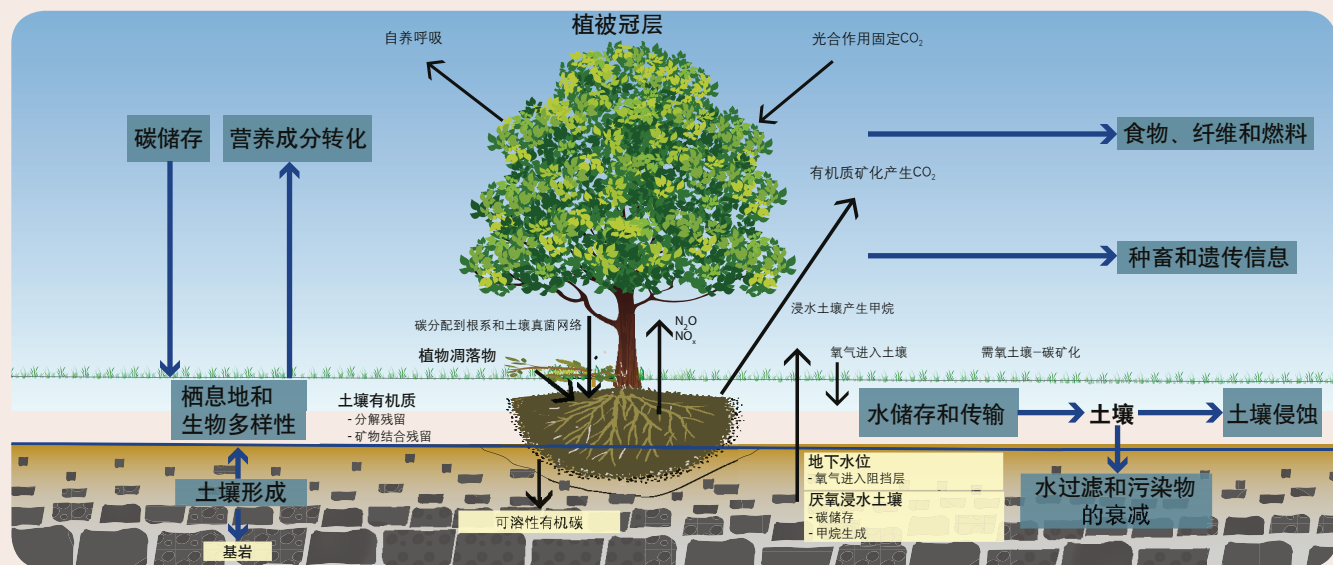


图2：图为土壤-植物之间碳的相互关系和相关的生态系统服务。土壤是在生物群系、渗透水和母岩材料的溶质的共同作用下形成的，可以为生态系统提供物质流 (固碳，水和溶质，植物营养，农作物生物量) 和土壤生物的遗传信息。