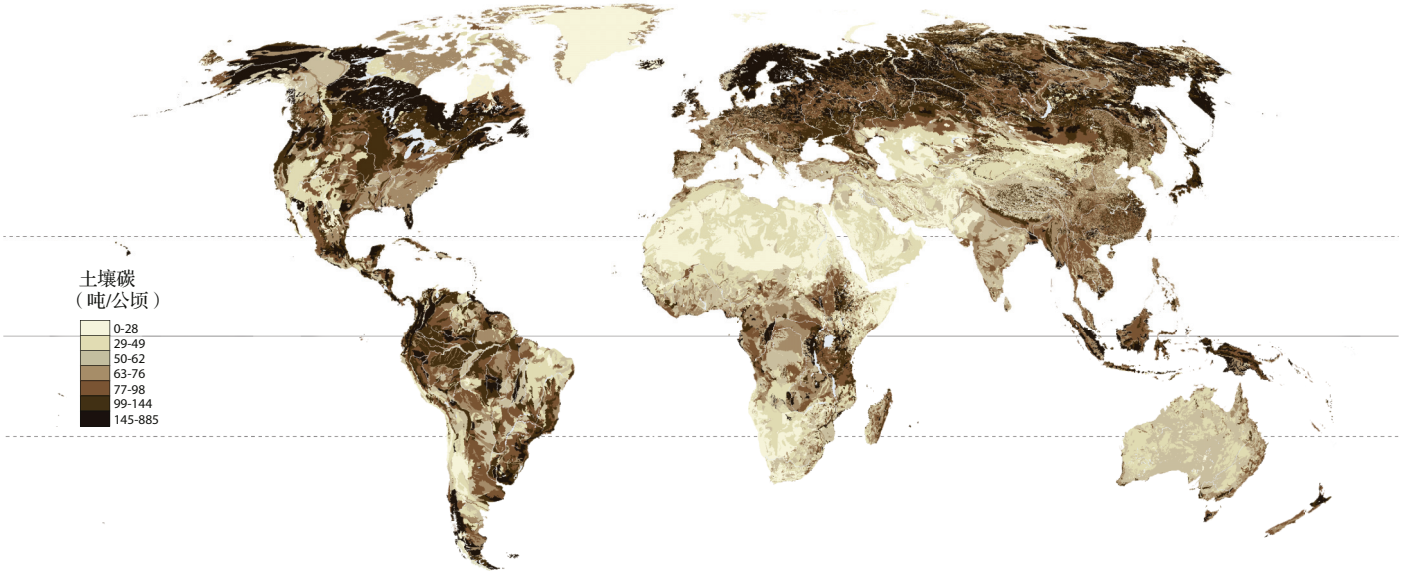

图3：每公顷1米深土壤的有机碳含量（单位：吨/公顷），数据来源：Harmonized World Soil Database 1.1版本。资料来源：UNEP–WCMC（2009）

模拟、测量与监测

估算从农田到全球，不同规模的土壤碳储量和流量的方法，仍在不断开发改进之中（Bernoux 等2010, Hillier等2011）。由于缺乏足够的监测方法和手段，这已经成为使土地有效管理以减缓气候变化相关项目的主要障碍之一。在这些土地管理计划中，有的是利用生物量或土壤储存碳，有的则把碳储存作为减缓农村贫困或解决食品安全的共同利益方案。绘制全球土壤地图活动的发起，将有助于提供一套全球统一的土壤数据，使其在地理上是连续的、可升级

专栏3：阿根廷和巴西的“免耕”土地管理效益

阿根廷，目前正在大力发展农业。已经证实，相比在播种前用犁和耙进行多次翻土的传统耕作方式，“免耕”土地管理是替代传统耕作方法的更有效选择。采用免耕系统的区域，土壤的锁水能力和渗透力更强，抗土地侵蚀力也有所提高，土壤有机碳的储量有着较小却显著的增长（Alvarez 和 Steinbach 2009， Fernandez等 2010）。

在巴西，改变农作物生产方式，也能显著影响土壤的碳储量。随着大豆，玉米和相关农作物的轮作免耕系统的转变，平均每公顷土壤中有机碳能够以0.41吨/年的速率固存。当畜牧与耕作农业（轮作）结合起来，伴随着农作物产量的上升，畜牧业也同样具有土壤碳固存的潜力（De Figueiredo 和 La Scala，2011, La Scala等 2011）。

半干旱的阿根廷南美大草原的豆田。经过15年的免耕管理（右图），在0-20 厘米的土层中碳含量为15.8吨／公顷，而常规种植所获得碳含量为13.8吨／公顷（左图）。资料来源：Fernández 等 2010，来源：Elke Noellemeyer

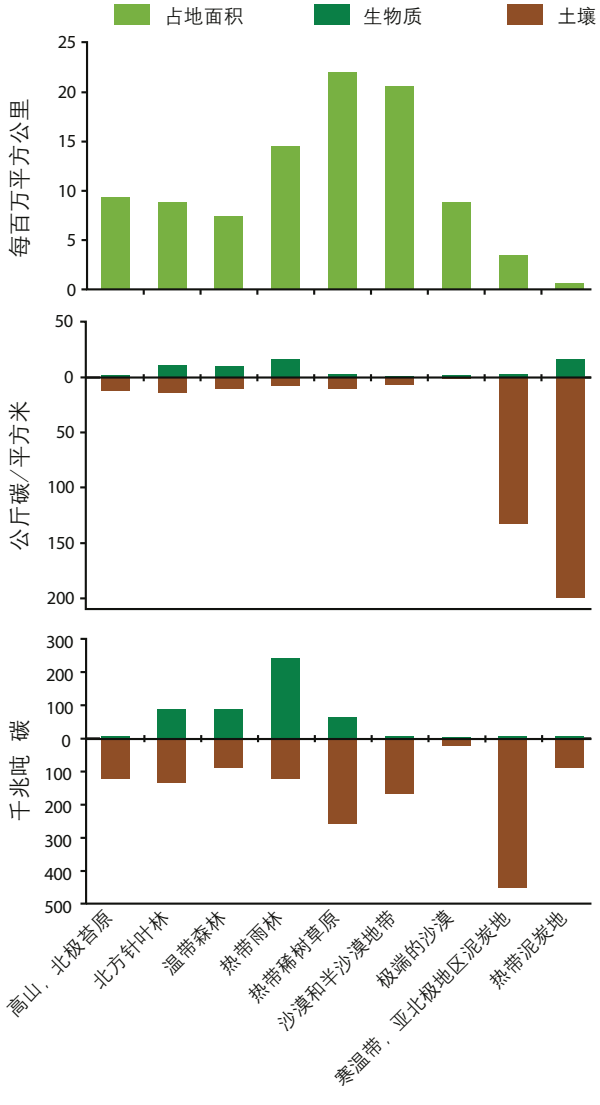

图4:在特定的生物群落、土地利用和土地覆盖类型中，陆地面积、指示性土壤和生物碳的储量。土壤碳储存指的是土壤最上层一米厚的土壤中的碳储存量，不涵盖泥炭地。这三个森林生物群落和冻土地带泛指他们整个土壤碳存量，其中包括部分泥炭地碳含量。资料来源：改编自Gorham（1991），ORNL（1998），Verwer 和 Van de Meer（2010）and Page等(2011)。

的，且涵盖不确定的估计值（Global Soil Mapping 2011）。这些数据需要通过当前的实地测量（由比尔和梅林达·盖茨基金会和非洲土壤信息服务机构在非洲的测量资助）（The Bill & Melinda Gates Foundation and the Africa Soil Information Service）以及渐进性土壤监测（由非洲土壤信息服务机构和盖茨基金资助）（Africa Soil Information Service 2011，Gates Foundation 2011）进一步提高。

另外，我们急需发展一个普适的，可重复的野外和实验室测量建模方法，以测量、报告与核实土壤碳随时间变化的情况。目前，基于正确应对碳交易市场，碳含量测量方法在多个层面存在争议，例如在农业和林业部门。改进的土壤有机质，碳储量和流量评估方法，可以极大地帮助科学家监测和预测生态系统对气候变化的应对；也可以帮助政策制定者

专栏4：碳效益项目

土地利用，土地利用变化和林业（LULUCF）系列活动，通过减少温室气体的方式（如，通过植树造林）和减排的方式（如，遏制砍伐森林）（UNFCCC，2012）等，提供相对划算的补偿机制。然而，对LULUCF的温室气体减排量的估算并非易事。联合国环境规划署-全球环境基金会的碳效益项目：利用模拟、测量和监测制定了一套科学严谨，符合成本效益的系统工具，建立可持续土地管理干预措施下的碳效益核算。这些工具通过比较当前管理模式和另一种干预管理模式，对碳储存、碳流量、温室气体排放进行评估和建模，对土地利用中碳的变化进行测量和监测（图6）。

整套的在线工具应用于包括土壤服务和所有气候区的自然资源管理项目（如林业、农林业、农业和畜牧业管理）。模拟系统可以估算出，一个项目周期中所有时间点的碳源及碳汇，以及其他温室气体。测量系统结合遥感观测、地面校准和网络操作地理信息系统，通过直接的土地流量测量，同时对甲烷和一氧化二氮的动态进行评估。

此方法可以对大面积土地中的地上碳和地下碳进行评估，适用于有关的政策机制，即通过减少发展中国家毁林和森林退化过程中的排放量来减缓气候变化。自1990年以来，根据《京都议定书》中提到的相关规则，我们通过造林和再造林减少温室气体的排放，以达到相关目标（UNFCCC 2012）。缔约方也可以选择更多的人为LULUCF活动，如畜牧土地管理、耕地管理、森林管理和植被恢复，这些方式都卓有成效的。