

农产品土壤增碳项目方法学编制说明

我国是种植业大国,2019年全国耕地面积 19.18 亿亩,2022 年全国粮食播种面积 177498 万亩、蔬菜播种面积约为 33562.5 万亩、棉花播种面积 4500.4 万亩、大豆面积 1.54 亿亩、油菜面积达到 1.09 亿亩、糖料种植面积 1944 万亩;粮食播种面积稳定在 17.4 亿亩以上,粮食产量超过 1.3 万亿斤;蔬菜产量 7.8 亿吨;棉油糖产量基本稳定在 590 万吨、3580 万吨和 1.2 亿吨。同时,全国农用化肥(折纯)施用量约 5200 万吨¹;每年产生大量的农业固体废弃物,其中畜禽粪便年产量约 38 亿吨,作物秸秆年产量约 9 亿吨,农产品加工废弃物年产量约 2 亿吨²;耕地面积逐年减少,耕地质量总体不高,局部地区退化严重,提升质量难度增大;水资源总量不足、利用率不高,土地和水资源错配严重等问题仍然突出。新形势下,经济发展面临复杂严峻形势,确保粮食和重要农产品供给安全的要求越来越高,种植业发展面临许多新问题新挑战,在减排固碳方面持续面临新的更高要求。

2022 年 6 月农业农村部、国家发展改革委印发的《农业农村减排固碳实施方案》明确提出:“到 2025 年,农业农村减排固碳与粮食安全、乡村振兴、农业农村现代化统筹融合的格局基本形成,粮食和重要农产品供应保障更加有力,农业农村绿色低碳发展取得积极成效,农业生产结构和区域布局明显优化,种植业、养殖业单位农产品排放强度稳中有降,农田土壤固碳能力增强,农业农村生产生活用能效率提升。”2016 年中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所备案了《保护性耕作减排增汇项目方法学》(CMS-083-V01),该方法学以耕作为对象制订的方法学,包括:项目设计期土壤有机碳密度;保护性耕作项目活动期内土壤有机碳(SOC)密度变化;耕作油耗、化肥与有机肥使用、秸秆还田的温室气体排放,提出了碳库选择、计算和监测农田 SOC 储量及变化的详细方法,为农田土壤固碳奠定了基础。

全球土壤碳库大于大气和生物碳库的总和,其主要成分有 SOC 和土壤无机碳(SIC),全球 SOC 库在 1m 深度的范围内估计为 1576 Pg C (1 Pg C = 10¹⁵ g C = 10⁹ t C) (Lal *et al.*, 2007),其巨大的容量和活跃的土气交换不仅可用于调节大气二氧化碳,而且对生态系统健康和农业生产具有关键控制作用。SOC 以土壤有机质(SOM)的形式体现,二者存在换算关系,SOM 在调节土壤物理、化学和生物性状方面起着重要作用,其数量的变化对土壤肥力和大气 CO₂ 浓度有显著影响。根据国际粮农组织(FAO)估计,农田土壤在 25 年内可以吸收约 20Pg C,超过人为排放量的 10%。同时,这一过程也为土壤、作物和环境质量、防止侵蚀和荒漠化以及增强生物多样性提供了基础条件。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告也曾指出:农业的近 90%减排份额可以通过土壤固碳减排实现。2015 年 UNFCCC 第 21 次缔约方大会(COP 21)通过《巴黎协议》之际,法国农业部提出的“千分之四全球土壤增碳计划”(4 pour 1000),随后被 UNFCCC 宣布正式启动。我国农田土壤(1m 深度)碳库为 16.32±0.41 Pg C。由于人为和自然驱动因素,土地可以同时成为 CO₂ 的源和汇,因此很难区分人为和自然通量³,以在一个种植季内农田 SOC 储量变化作为减排项目活动核证的唯一对象,能更有效地定量人为因素影响。通过农田土壤管理措施达到人为设定的 SOM 年提升幅度,有助于《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)和《巴黎协议》所设目标的实现。CMS-083-V01 方法学虽然有助于土壤增碳,且制定了农田 SOC 计算和监测方法,直接作为土壤增碳项目活动方法学应用,存在以下五个不足:

- 1、 关联领域较多,相互作用,减排固碳质量受影响;
- 2、 土壤增碳措施设置单一,加上温室气体排放的冲销,影响项目活动主体的减排收益,

¹ 农业农村部《到 2025 年化肥减量化行动方案》

² 李兆君 [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63648-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63648-1)

³ IPCC 气候变化与土地特别报告 A3.1

不利于应用推广；

- 3、未区分种植季与非种植季，农田 SOC 储量监测周期超过 1 年，难以区分土壤作为 CO₂ 源和汇的人为和自然通量；
- 4、未设定 SOM/SOC 提升幅度年度指标，无法进行年度考核与措施调整，使部分土壤碳信用机制功能所起的作用滞后；
- 5、在农作物产量与项目活动之间未设置映射关系。

当前，我国在农田土壤固碳行动方面已经实施了多项国家级项目、规划和方案，如：测土配方施肥项目、土壤有机质提升补贴项目、畜禽粪污资源化利用整县推进项目、保护性耕作工程建设规划、全国高标准农田建设总体规划、有机肥替代化肥行动方案、农业农村减排固碳实施方案等。这些实际行动大大提高了我国农田土壤固碳水平，这些成就亟需一个综合指标进行表达，便于非专业人员和社会公众了解和使用。以获取农产品为目的，在种植过程的土壤管理环节采取必要的土壤增碳措施，并在当季种植结束时，达到预设 SOM 提升幅度所产生的农田土壤碳汇，可以作为表达我国农田土壤固碳水平和成就的一项综合性指标，通过该指标与农产品之间建立的映射关系，经过农产品商品流通环节，体现碳普惠机制功能。

为进一步推动农田土壤增碳项目活动服务于保障粮食安全、食物供应和减缓气候变化，激励全社会的参与，促进生物质废弃物处理与还田消纳利用的项目活动，虽然土壤固碳尚未被纳入“国家自主贡献”（NDCs）申报，但依据 UNFCCC 第三条第 3 款，特编制了《农产品土壤增碳项目方法学》，以规范农产品土壤增碳项目设计文件编制和农产品土壤碳汇计量与监测工作。

本方法学以 UNFCCC、《京都议定书》和《巴黎协定》所确定的碳库和碳汇为基础，根据 UNFCCC 相关温室气体的汇的清除的方法学工具、方式和程序，参考和借鉴了《IPCC 2006 年国家温室气体清单指南 2019 修订版》、IPCC《气候变化与土地特别报告》、《保护性耕作减排增汇项目方法学》（CMS-083-V01）和 4 pour 1000、国际粮农组织（FAO）相关评估、国际组织及学术机构相关土壤碳信用研究文献，结合我国粮食安全、高标准农田建设、耕地保护、黑土地保护、生态绿色发展、乡村振兴和健全农业生态产品价值实现机制的实际，由北京丰合宇泰生物科技有限公司主持，经相关领域专家学者及利益相关方反复研讨后编制而成，以保证本方法学既遵循 UNFCCC 下的国际通则又符合我国实际，具有科学性、合理性和可操作性。

1985~2006 年，我国表层土壤的有机碳每年平均增幅为 2550 万吨碳当量，平均每年增加 0.2 吨/公顷⁴。有研究表明，在合理经济技术条件下，尽可能地推广农田良好管理措施，我国农田固碳潜力可达到平均每年 3000~5000 万 t，即每年 0.25~0.40 t/hm²⁵。应用本方法学的项目活动，如果将农田 SOM 年增长幅度定在 1g SOM/kg 土壤（该幅度经北京丰合宇泰生物科技有限公司多年试验），以表层 20cm 土壤、容重 1.1t/m³ 计算，每年可固定 SOC 1.276 t/hm²，我国 18 亿亩基本农田每年可固定 SOC 1.53 亿吨，折合碳汇 5.61 G t CO_{2-e}。表层 20cm 土壤每年固定 SOC 1.276 t/hm²，该数值仅达到多次试验利用堆肥提升 SOC 的英国 Woburn 庄园的年 SOC 固定量的低线；18 亿亩基本农田 SOM 年增长幅度定在 1g SOM/kg 土壤，所需的 SOM 折算成 NY/T 525-2021 有机肥约为 12.6 亿吨，相当于每亩每年施用约 700kg 有机肥，不会产生过高的施用成本，且与农业农村部“果菜茶有机肥替代化肥技术指导意见”建议的有机肥施用量相近；同时，12.6 亿吨有机肥所含养分相当于 3520 万吨（折纯）化肥。将 5.61 G t CO_{2-e} 映射到 1.3 万亿斤粮食（基本农田以种植粮食作物为主）上，则在粮食上可以体现为 430g CO_{2-e}/斤，消费者通过购买体现土壤碳汇的农产品可以了解种植地块经营者所做出的

⁴ <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.12.011>

⁵ 程琨，潘根兴. “千分之四全球土壤增碳计划”对中国的挑战与应对策略[J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(5): 457-464.

生态努力,并获得一定的碳汇额,提升消费者在农业减排固碳活动中的参与感,有助于碳普惠机制功能更好地发挥作用。

参考文献:

- [1] 联合国气候变化框架公约 (UNFCCC),1992.
- [2] UNFCCC.京都议定书,1997.
- [3] UNFCCC.巴黎协定,2015.
- [4] 联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC).气候变化 2007: 综合报告,2007。
- [5] IPCC.《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 2019 修订版》第 4 卷: 农业、林业和其他土地利用, 2019.
- [6] IPCC.气候变化与土地: IPCC 关于气候变化、荒漠化、土地退化、可持续土地管理、粮食安全、和陆地生态系统温室气体通量的特别报告,2019
- [7] 联合国粮农组织(FAO).《世界土壤宪章》(修订版), 2015, 1-7.
- [8] 联合国粮农组织(FAO). 可持续土壤管理自愿准则, 2017.
- [9] FAO. State of the World Soil Resources: Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Inter-Government Technical Panel on Soils, 2015.
- [10] Schlesinger W H . Carbon Sequestration in Soils[J]. Science, 1999, 284(5423):p.2095-2095.
- [11] Buntley J A, Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification[J]. PNAS , 2010, 107(26) : 12052-12057.
- [12] 张旭博, 孙楠, 徐明岗, 张文菊, 李建伟. 全球气候变化下中国农田土壤碳库未来变化 [J]. 中国农业科学, 2014, 47(23): 4648-4657.
- [13] 宋博, 穆月英. 设施蔬菜生产系统碳足迹研究——以北京市为例 [J]. 资源科学, 2015(1):9.
- [14] Tang X, Zhao X, Bai Y, et al. Carbon pools in China's terrestrial ecosystems: New estimates based on an intensive field survey[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018(16).
- [15] Witzgall, K., Vidal, A., Schubert, D.I. *et al.* (2021). Particulate organic matter as a functional soil component for persistent soil organic carbon. Nat. Commun. 12, 4115.
- [16] 丁仲礼. 深入理解碳中和的基本逻辑和技术需求. 时事报告: 党委中心组学习, 2022, (4): 18.
- [17] 石元春, 农林碳中和工程乃国之重器, 应作为重大专项列入国家长期计划, 农林碳中和工程. 科技导报, 2022, (7): 36-43.
- [18] Poulton, Paul, Johnston, *et al.* Major limitations to achieving "4 per 1000" increases in soil organic carbon stock in temperate regions: Evidence from long - term experiments at Rothamsted Research, United Kingdom[J]. Global Change Biology, 2018.
- [19] 张方方, 岳善超, 李世清. 土壤有机碳组分化学测定方法及碳指数研究进展. 农业环境科学学报, 2021, 40(2): 252-259.
- [20] Environmental Defense Fund. Agricultural Soil Carbon Credits: Making sense of protocols for carbon sequestration and net greenhouse gas removals, 2021.
- [21] 程琨, 潘根兴. “千分之四全球土壤增碳计划”对中国的挑战与应对策略[J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(5): 457-464.
- [22] IPCC.气候变化 2022: 减缓气候变化,2022.
- [23] Henderson B , Lankoski J , Flynn E , et al. Soil carbon sequestration by agriculture: Policy options[J]. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, 2022.