

碳农业可以成为碳中和的重要贡献者

摘要

为应对气候变化和减少温室气体排放，大量资源投入到清洁能源、可再生能源等相关技术上，但却无法保证其成功的确定性。

碳农业虽然仍处于探索的早期阶段并且有很多未知数，但可以成为帮助减少碳排放和缓解气候变化的潜在重要贡献者。至少，碳农业可以帮助农民改善土壤质量，提高农业生产力，从而提高盈利能力。

我们在本文中首先探索了碳农业的基本情况，以及作为一种整体农场途径，它能够如何推动农业系统变革——扭转其作为全球领先的碳排放贡献者而将其转变为净碳汇。尽管在初步发展阶段，教育、知识转移、土壤恢复和产品产量提高等综合方面，连同碳信用发展、公认的实践和对利益相关者的适当激励，农业界可以通过文中列举的方式帮助减少或抵消排放碳农业实践。

Movimiento Organico Mexicano 基金会（MOM）通过让农民和农业价值链用这意识展开了这个有机运动。中国有句名言，“千里之行，始于足下”，MOM 正在提高人们对碳农业的认识及其对人类的潜在利益，带领我们踏上这一可持续发展的道路。

标题：碳农业可以成为碳中和的重要贡献者

日期：2022 年 2 月 12 日

作者/隶属机构：Movimiento Organico Mexicano 基金会

Movimiento Organico Mexicano（英语为 World Organic Movement，中文为世界有机运动）是由美国人道主义者、已故的彼得·马古兰三世创立。它是一个非营利组织，其根本目的是改变人类的思想和习惯——不要再继续在我们的地球造成磨损而阻碍了它的未来发展。

在专家和认真的人的帮助下，MOM 在修复环境、研究、传播和行动上作出贡献，从而改变教育、文化、经济和心灵进程，使我们能够完成地球上生命的生态循环。

电子邮件：info@mom-mundo.org

概述

农业和林业实践至少占全球碳排放量的 24%。在当前的土地管理实践下，农业仍然是全球碳排放的主要贡献者之一。然而，它是唯一有可能通过广泛归类为“碳农业”的实践将自身从净碳排放者转变为净碳汇的经济部门。

碳农业实践可以帮助从大气中去除二氧化碳，并将其长期储存在土壤、微生物和植物物质中。气候科学家估计，需要从大气中清除 2,000 亿吨二氧化碳才能停止并开始扭转气候变化的影响。如果我们改变种植粮食的方式，世界的农业土壤就能应对这一挑战。

根据美国国家科学院的一项研究，“如果农民采取一些改进的实践，包括添加有机物（如粪肥或堆肥），将耕作转向有利于向土壤贡献更多碳的作物，或利用淡季种植覆盖作物，那全球农田可以捕获和储存多达 30 亿吨额外的二氧化碳。”

Movimiento Organico Mexicano 基金会（MOM）总部位于墨西哥，致力于改善环境和改善人们生活的可持续发展。MOM 的使命是教育特定人群，包括农业社区和农民，提高他们的意识，采用经过验证的方法和新技术来提高他们的生产力和生活水平，并向他们展示如何减少对地球的伤害。本质上，碳农业是 MOM 专重的一个领域。

一、碳农业及其好处

碳农业是什么？

碳耕作是一系列广泛的农业实践，涵盖各种农场类型，可增加土壤中大气碳的储存量。其中许多实践在有机农业、再生农业、永续农业和其他食品生产方法中十分常见。

当植物进行光合作用时，它们会从大气中去除二氧化碳并将其储存起来。当它们死亡后，这些碳要么释放回大气中，要么长期储存在土壤中。许多传统的农业实践会导致碳的释放，而归类为碳农业的实践旨在做与此相反的事情。

农民或园丁可以用一些实践示例来帮助固碳和改善土壤健康，其中包括：

- 剩余的生物质可以在收获后作为覆盖物返回土壤，而不是被移除或燃烧。
- 传统的耕作方式被保护性耕作、免耕和/或覆盖耕作所取代。
- 在淡季种植覆盖作物，而不是让农田裸露。
- 连续单一栽培被高度多样化的轮作和综合耕作方式所取代。
- 综合养分管理和精准农业取代了大量的化肥使用。
- 集约化种植被种植树木和牲畜的农田所取代。
- 地表漫灌被滴灌、沟灌或潜灌所取代。
- 杀虫剂的滥用被综合虫害管理技术所取代。
- 把边缘和退化的土壤恢复到自然状态，而不是硬被用作农田。

许多这些实践可以相互结合使用，也可以一次应用一种。几乎所有的农田都可以通过这些实践得到改善。

碳农业带来的好处

除了抵消排放外，碳农业实践还具有恢复退化土壤、提高作物产量以及通过最大限度地减少侵蚀和养分径流、净化地表水和地下水以及增加微生物活动和土壤生物多样性来减少污染的额外好处。

碳农业的额外好处意味着可以在建设土壤和隔离二氧化碳的同时以更少的污染来生产更多的食物。如果以足够大的规模完成，碳农业实践有可能可以开始扭转气候变

化的灾难性影响。促进和扩大这些使用，是实现碳减排目标和减缓气候变化的最佳途径之一。

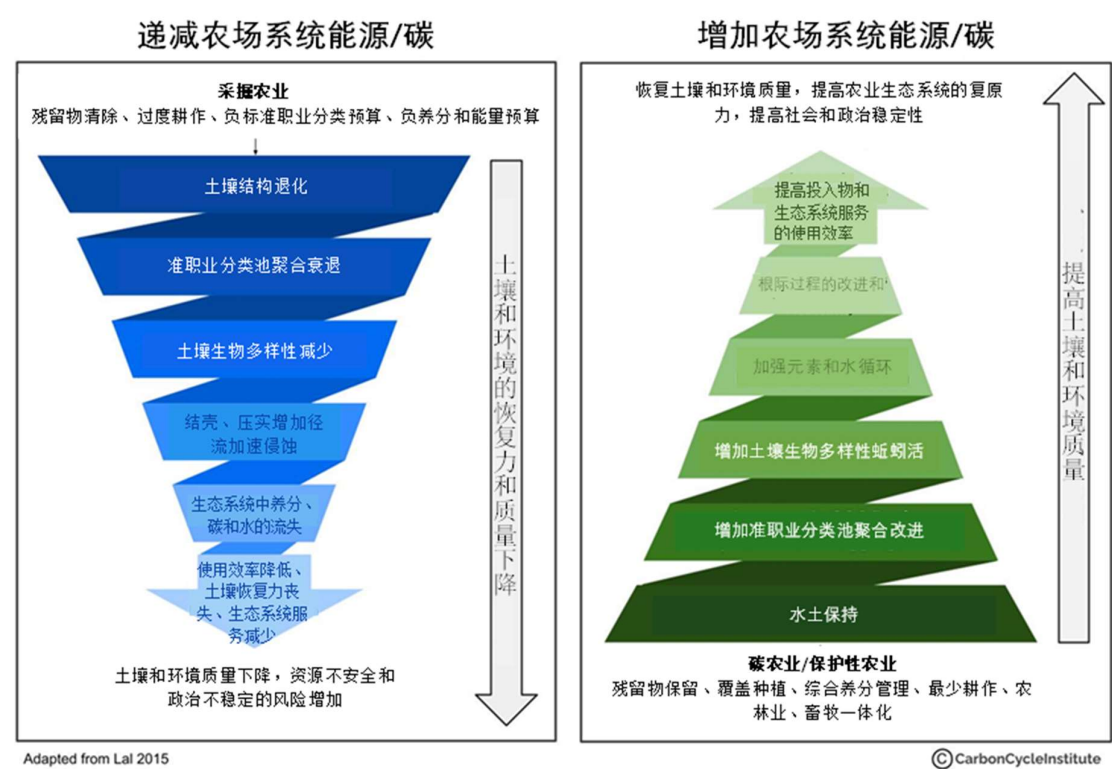
二、碳农业是一种整体农场途径

碳耕作作为一种整体农场途径是通过实施已知可提高二氧化碳从大气中去除并储存在植物和/或土壤有机质中的速率的实践来优化环境中的碳捕获。碳农业是参与推动系统变化的农业生态系统过程的框架。

碳是农场系统内的能源载体

碳农业明确认识到，推动农场生态系统动态的是太阳能，而碳是农场系统内能源的载体。碳农业是“再生农业”一词的同义词，因为该术语明确植根于对潜在系统动力学和正反馈过程的理解，这些过程实际上使土壤肥力和农业生产力的“再生”螺旋上升成为可能，如图一所示。

图一：再生农业

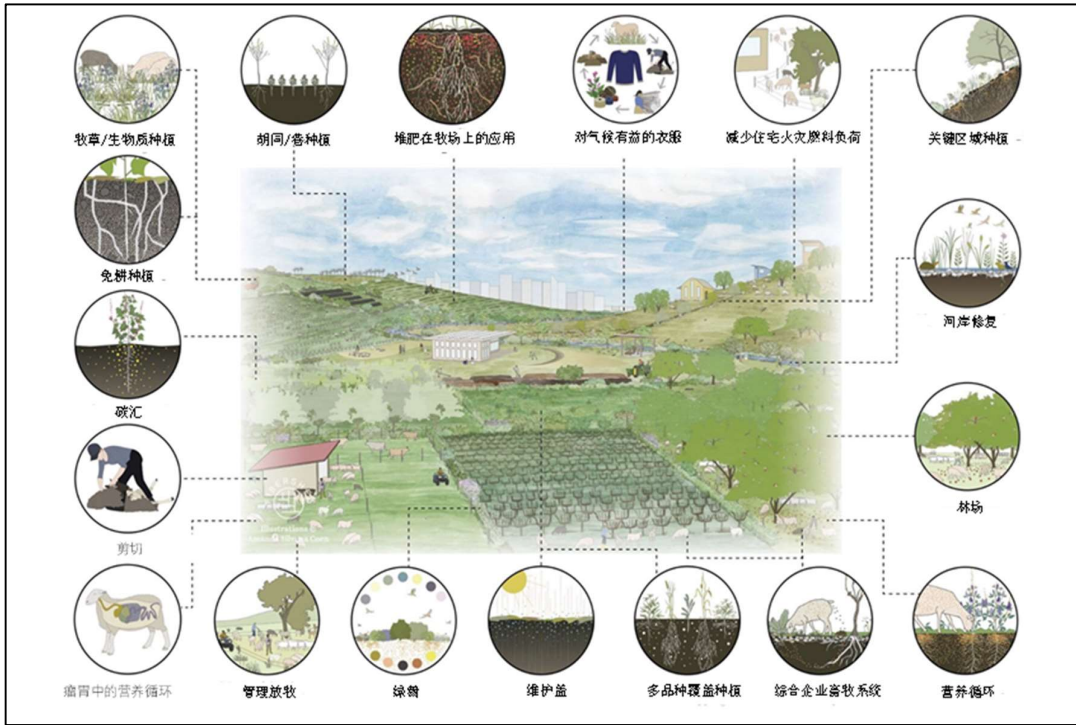


奥尔多·利奥波德将土壤肥力定义为“土壤接收、储存和释放能量的能力”，这是对“土壤健康”的简洁定义。认识到碳是生命系统的能源货币——作为太阳能进入和辐射整个食物网和农场系统的媒介——碳农业侧重于提高农场系统“接收、储存和释放”能力的机会的能量；作为工作，系统过程以及农场生态系统内的生物和结构多样性，特别是认识到土壤有机质作为太阳能汇以及作为土壤和整体农业生态系统动态的驱动力的关键作用。当加强土地管理和/或保护措施所产生的碳捕获超过碳流失时，碳农业就成功了。

碳农业实践

碳农业实践是已知的隔离碳和/或减少温室气体排放的管理实践。美国自然资源保护局（NRCS）将其中至少 35 种方法确定为改善土壤健康和固碳同时产生重要协同效益的保护法，包括提高土壤持水能力、水文功能、生物多样性和恢复力。参见图二。

图二：碳农业实践



资料来源：碳循环研究所，<https://www.carboncycle.org/what-is-carbon-farming>

但是，关于碳农业能发挥的范围以及它如何有利于缓解气候变化的可持续发展方面的尝试，我们仍然有很多不明之处。

碳 180 (Carbon180) 的执行董事诺亚·戴奇说：“关于土壤微生物生态系统的实际运作方式以及哪些在捕获和储存二氧化碳方面的实践最有效，还有很多未知数。”

普林斯顿大学研究员蒂姆·斯考辛格说：“农民可以做些什么来改变他们的土壤管理实践可能会遇到限制。而且，我们仍然不知道农民可以在持续耕作的土壤中储存多少碳。”

霍尔加尼克斯农业总裁大卫·史塔克说：“虽然我们对碳农业还有很多不了解，但我们确实知道，结合碳农业实践可以改善土壤健康，从而提高作物产量和农场盈利能力。我们也知道碳农业实践可以促进农场的可持续发展实践。”

三、增加农田的盈利能力

农民开始将碳农业视为提高农场盈利能力、改善土壤质量和帮助应对气候变化的一种方法。

根据 AgProfessional 的一篇文章，“估计全球碳市场为 1600 亿美元。” 靛蓝农业公开表示，它认为农田封存碳有 15 万亿美元的机会。

不管碳封存市场的规模有多大，大多数专家都同意，碳封存的实践也恰好有利于土壤的整体健康。免耕/条耕、地下施用养分以及使用覆盖作物等做法，除了固碳外，还有助于增加有机质、减少侵蚀和提高土壤恢复力——它们都对土壤的长期健康有益。

除了改善土壤质量从而提高产量外，私营公司或政府机构还可以向农民支付碳信用以促进这种实践，最终为农场提供额外的收入。

碳市场参与

跟所有市场一样，碳市场需要有买家和卖家：

- 碳抵消的购买者是需要减少或抵消排放的实体。碳补偿的最大买家可能是最大的排放者，例如发电厂、运输公司和整个产业。
- 潜在卖家来自各种来源，例如农场和牧场、风电场和水力发电厂等。

一般来说，温室气体补偿供应商可以通过与买家的直接合同或通过碳交易出售它们的补偿。农业工作者参与碳交易的一个潜在障碍是满足最低准入要求（最低一定的CO₂e 可能只有少数人可能拥有的土地面积），这意味着他们必须与聚合商（一个汇集或聚合生产者并结合农民、牧场主和私人森林所有者发起的农业补偿项目的碳信用）合作。

碳市场有两大类：自愿市场和合规市场。自愿碳市场服务于希望抵消部分或全部温室气体排放以实现企业或个人可持续发展目标，但法律没有要求企业和个人这样做。合规碳市场为法律要求减少温室气体排放的受监管实体提供服务。

农业家可以如何减少或抵消排放

农民和牧场主可以通过减少排放或捕获和储存排放来参与抵消过程。事实上，大部分潜在的土壤碳储存量来自森林管理活动——种植覆盖作物和避免将草地转化为农田。

为了减少排放，生产者可以：

- 减少施肥
- 改变粪便管理
- 降低油耗
- 改变喂养方式

- 改用替代燃料，例如从煤改用天然气或生物能源
- 生产生物燃料原料
- 实施轮牧计划

农业家还可以在称为封存的过程中捕获和储存排放物。一种类型的封存是生物封存，它利用植物的特性来捕获排放物。生物封存的农业形式包括：

- 耕作方式的变化
- 轮作
- 将土地转化为草地
- 植树造林——种植树木或种子，将开阔地变成森林或林地

减少和隔离排放的一种做法是降低放养率。然而，这些活动成本高昂，生产者必须有经济动机来改变他们的生产实践以参与碳市场。

农场获得碳信用重要的三点

在美国，一个农场要准备好获得碳信用，应该关注这三点：捕获农场数据的影响，碳信用如何影响租赁收入，以及碳信用价值的演变。

1. 获取农场数据：拥有良好的记录和准确的数据是参与碳市场的门户。碳市场的运作方式是奖励那些比现状封存更多碳的实践。为了获得信用，农民或土地所有者必须证明他们已经实施了碳封存的实践，强调其获取优质农场数据的重要性。
2. 碳信用对租赁收入的影响：如何将碳信用收入纳入农场租赁协议取决于土地所有者与农民之间的租赁安排类型。
3. 碳信用的价值不断变化：碳市场的长期成功尚不清楚，但它们正在获得巨大的动力，大多数行业参与者现在都提供了某种类型的解决方案。更重要的是，碳信用促进的实践将对农场的价值产生非常实际的影响，并更加关注它们创造的长期利

益。一个有机质含量高、复原力更强的农场应该能卖得更多的碳信用，因为它的生产力更高，投入成本更低。

值得注意的是，租赁农田的农业碳信用存在一个主要缺点，因为当碳合同到期时，土地可以被耕种，储存的碳会释放回大气中。目前的一种解决方案是签订长期农业碳合同——10-20 年或更长时间。至于森林，问题并不那么严重，因为它们的管理时间比农田长。

四、当今的农业碳信用市场

“如何在美国农业中种植和销售碳信用”是爱荷华州立大学推广和外展部发布的一份报告，于 2021 年 11 月更新：其根据与农民和农业利益相关者的对话制定了一组 26 个问题，并在公开的基础上进行了回答，通过在线搜索和采访来自 11 个碳计划中的一些计划的代表收集的可用信息。

该报告将其调查结果总结如下：

- 新兴的农业信贷市场目前可以被描述为具有不同规则、激励措施和惩罚的共存项目的不明确的补丁，而不是一个有凝聚力和透明的市场以相同的活动在项目之间具有相同的影响。
- 在其形成阶段，初期农业信贷市场非常活跃，侧重于通过小规模试点项目测试协议，缺乏透明度和流动性。虽然所有计划都需要额外性来产生信用，但并非所有计划都要求农民改变他们的生产方式。
- 额外性意味着农民必须采取不同的措施来减少碳排放并增加生态系统服务。但是，不同程序使用广泛的基准来确定其不同之处。一些项目要求对同一土地改变过去的做法，而另一些项目则要求在该土地的实践与该领域的常见做法不同（即使相同的做法已经在该考虑中的土地已经实施多年）。

- 除了对农民实施的做法进行补偿的拜耳碳素公司之外，所有其他计划都对农民所得的碳信用额产生基础上作出补偿。

为了让农民更有信心地参与碳信用市场，应该对跨倡议的农业实践等价进行某种标准化，引入跨协议可转让的部分和全部信用，以便农民的风险可以降低和得到更好的缓解。

大卫·艾肯在他 2021 年 4 月 21 日题为“农业碳信用”的《农业经济学》文章中响应了爱荷华州立大学推广和外展的市场评估。艾肯指出，今天的农业碳信用市场是“狂野的西部”，没有任何规则或规定。他指出，市场上最大的两个参与者是投机者和试点项目开发商。

艾肯将投机者描述为试图尽可能去多承包土地的人，他们期望碳市场将在未来几年内爆炸式增长，他们将以巨额利润出售他们的碳信用额。几个不同的团体正在开发试点项目，其中许多有农业综合企业合作伙伴或与其的联系。基本想法是注册一些土地面积并将其用作开发土壤碳储存信息的测试，以可信地记录改进的管理实践已在农场或牧场土地中封存了更多的碳。从长远来看，这些公司或团体希望成为农业生产商和碳市场或碳信用购买者之间的中介。

五、未来发展

清洁能源和可再生能源、碳捕集与封存技术等替代传统能源备受关注，这些技术需要时间和财力资源，但不确定性很大。温室气体排放和制造也受到高度重视，而我们日常生活中非常基本的元素——农业和温室气体排放——却大多被忽视。

罗代尔研究所的“再生有机农业与气候变化”的研究建议，“净零二氧化碳”讨论应该从“群体”转向“简单”。它指出，一个明显且立即可行的解决方案是将碳重新投入到我们脚下的陆地碳“汇”中。

农业和林业实践至少占全球碳排放量的 24%。在当前的土地管理实践下，农业仍然是全球碳排放的主要贡献者之一。然而，它是唯一有可能通过碳农业从净碳排放者转变为净碳汇的经济部门。

虽然专家指出，我们对碳农业还有很多不了解，但我们确实知道，结合碳农业实践可以改善土壤健康，从而提高作物产量和农场盈利能力。

美国政府、机构和企业开始探索如何帮助农民提高产量、恢复土地和出售农场碳信用额。目前还没有其他国家在这方面付出太大努力。

联合国预计，未来 30 年世界人口将增加 20 亿，到 2050 年世界人口将达到 97 亿。由于可耕地有限以及生产粮食以养活世界人口的需求不断增加，因此能够提高作物产量，收复土地，通过帮助农民出售农场碳信用来增加他们的盈利能力，同时应对气候变化等，应该是世界各国和地区的多赢事业。

参考文献

- “What is Carbon Farming?” Green America, <https://www.greenamerica.org/food-climate/what-carbon-farming>
- “What Is Carbon Farming: How It Works And What We Still Don’t Know,” Kaitlyn Ersek, Holganix, September 17, 2020, <https://www.holganix.com/blog/what-is-carbon-farming-how-it-works-and-what-we-still-dont-know>
- “What is Carbon Farming?” Carbon Cycle Institute, <https://www.carboncycle.org/what-is-carbon-farming>
- “Carbon Markets: A Potential Source of Income for Farmers and Ranchers,” Luis A. Ribera and Bruce A. McCarl, Texas A&M AgriLife Extension, <https://agrillifeextension.tamu.edu/library/agricultural-business/carbon-markets-a-potential-source-of-income-for-farmers-and-ranchers>
- “Is Your Farm Ready to Earn Carbon Credits?” Jamieson Potter, Tillable.com, December 15, 2020, <https://tillable.com/blog/is-your-farm-lease-carbon-ready>
- “How to Grow and Sell Carbon Credits in U.S. Agriculture,” Ag Decision Maker, File A1-76, Iowa State University Extension and Outreach, Updated November, 2021, <https://www.extension.iastate.edu/agdm/crops/pdf/a1-76.pdf>
- “Ag Carbon Credits,” J. David Aiken, Agricultural Economics, April 21, 2021, <https://agecon.unl.edu/ag-carbon-credits>
- “Regenerative Organic Agriculture and Climate Change: A Down-to-Earth Solution to Global Warming,” Rodale Institute, October 6, 2015, <https://rodaleinstitute.org/wp-content/uploads/rodale-white-paper.pdf>