

## 产业化农业是如何影响土壤健康的

土壤是很多类型农业的基础，但是土壤受到了诸如单一作物种植、化学肥料、农药等农业管理措施的负面影响。

在以土壤为基础的农业中，土壤健康是一个健康的农场生态系统最重要的基础。然而，在工业作物生产中使用的的大多数常见耕作技术，如施用合成肥料和单一作物种植，随着时间的推移会导致土壤退化，造成一系列问题，迫使使用更多的人工投入，这反过来又会导致气候变化。可持续和再生农业旨在改善土壤健康，吸收碳，储存水，并在此过程中建立更健康的农场生态系统。

### 1. 土壤是什么？

土壤形成了地球的表面。它是由矿物质、水、空气和有机物(包括微生物和其他有机体)的各种混合物(取决于一个人生活在哪里)组成的。

土壤不是静止的，它的成分是变化的，取决于天气、由什么生物组成、植物在里面生长等等。土壤，就像空气和水一样，也很容易受到污染，并且会被工业化的耕作方式所破坏。土壤也可以通过可持续的做法进行改良，比如施用堆肥。

土壤通常被认为是“有生命的”，因为许多不同类型的生物体在土壤中存活，从细菌到真菌再到蚯蚓。事实上，一茶匙的健康土壤可能含有多达 10 亿个细菌，还有真菌、原生动物和线虫。土壤中健康的有机体——无论是大的(例如蚯蚓)还是小的(例如细菌)——都很重要，因为它们有许多功能，从通气，到在土壤中创建水囊，到分解有机物质和为植物提供养分。

虽然从技术上讲，土壤是一种可再生资源，但它可能需要(在气候变化之前)100 到 1000 年的时间才能形成——这种形成是如此缓慢，以至于科学家们用“有限”一词来形容它，因为尽管它是一种自然资源，但它很容易退化。

### 2. 工业化农业对土壤健康的影响

通过减少有机质和释放碳，工业化农业对土壤健康和大气产生负面影响。

#### 2.1. 单一作物栽培对土壤健康的影响

单一种植是指在同一块土地上年复一年地种植同一种作物。这种做法消耗了土壤的营养物质(使土壤随着时间的推移产量降低),减少了土壤中的有机质,并可能导致严重的侵蚀。在美国,工业化农业实践通常包括大豆和玉米轮作。从技术上讲,因为两种作物是轮作的,所以不属于“单一栽培”。然而,这种“简单”的轮作方式不能像复杂的轮作系统(在一年或更长时间内轮作三种或三种以上的作物)那样给土壤带来同样的好处。当农作物以复杂的轮作方式种植时,在非干旱年份产量会增加 10%。

单作物种植,甚至上文提到的“简单”作物轮作,都会造成一连串的问题,不仅需要使用合成肥料(因为土壤已经耗尽),而且需要使用杀虫剂来控制害虫,如土壤真菌、昆虫和其他农业害虫。拥有多种作物(多文化)的农田对昆虫捕食者的吸引力较小。

土壤科学家还发现,单一种植改变了土壤的微生物景观,减少了有益微生物,导致植物生长缓慢。

## 2.2. 合成肥料对土壤健康有负面影响

所有植物都需要氮(N)、磷(P)和钾(K)来维持健康的生长和生产力。这些宏量营养素(以及其他宏量营养素和微量营养素)构成了健康土壤的基础。对于缺乏这些养分的土壤,必须使用化肥——无论是合成的还是有机材料制成的——来种植健康的植物。在过去的 50 年里,随着工业作物产量的提高,合成肥料(主要由化石燃料生产)的应用也在部分提高植物生产力。随着时间的推移,工业化耕作方式,如单一耕作和密集耕作,也损害了土壤的健康。

有研究发现,施用合成氮肥会降低土壤微生物多样性(即细菌、真菌等)或改变土壤的自然微生物组成,有利于培养更多的病理性菌株。某些类型的氮肥会导致土壤酸化,从而影响植物的生长。<sup>13</sup> 过度使用化肥还会导致土壤中盐分的积累,重金属污染和硝酸盐的积累(这是水污染的一个来源,也对人类有害)。(应该指出的是,使用合成肥料不仅对土壤有害:它还通过释放一氧化二氮导致气候变化和水污染,导致美国几个农业地区出现严重的藻华。了解更多)

## 2.3. 土壤中的残余农药

杀虫剂是用于控制食品、纤维和木材生产中的杂草(除草剂)、昆虫(杀虫剂)和真菌(杀菌剂)的化学物质。

土壤中农药残留及其在土壤中的持久存在受土壤类型和成分以及农药类型的影响很大。15. 根据农药种类、施用数量、土壤质量和环境的不同,有些农药可能会被土壤中的微生物作用或其他化学反应分解,而有些则会在土壤中积累。16(值得注意的是,一些农药的代谢物[分解产物]比“母体”农药毒性更大。

一些研究表明,草甘膦(也称为农达)降低了土壤中的微生物多样性;其他研究表明这种化学物质对蚯蚓有副作用。18 其他类型的杀虫剂可能对土壤微生物有类似的影响,影响对土壤健康和肥力很重要的固氮微生物。19

土壤熏蒸剂是一种杀虫剂,用于在农民开始种植前杀死土壤中的有机物。熏蒸剂会杀死几乎所有的土壤有机体——不仅仅是有害的——包括有益的细菌、真菌和其他有助于保持土壤健康的生物体。(除杀死土壤生物外,许多土壤熏蒸剂对人体健康有毒,在使用后可逃逸到环境中。更多信息请阅读《粮食印刷作物生产报告》。)在某些情况下,例如在葡萄生产过程中,熏蒸剂在土壤中积累,其含量往往超过法定限度,还影响土壤微生物和蚯蚓的健康,这两者对土壤健康和肥力都极为重要。2021

## 2.4. 工厂化农场废物污染土壤

集中动物饲养作业(CAFOs)产生的动物粪便,也被称为工厂化农场,在农田中传播,可能含有有害微生物、抗生素和其他药物残留物,这可能导致土壤中出现耐抗生素细菌。抗生素可以在土壤中停留几天到数百天。一些研究表明,某些种类的抗生素,如四环素,可以被农作物吸收。

使用工业动物设施产生的动物粪便也可能造成重金属污染(来自饲料中使用的金属),包括铜、锌和铅。

## 2.5. 耕作、土壤压实和侵蚀

如果不能有效地管理土壤,机械耕作和重型农业设备的使用会造成土壤压实和土壤侵蚀。当土壤太湿时,使用重型农业机械和耕作会造成土壤压实;随着农业设备越来越重,压实已成为一个日益严重的问题。压实导致水分吸收差,透气性差,进而导致植株根系生长发育不良,产量下降。28

在农业中,土壤侵蚀通常是指表土颗粒通过风、水和耕作活动(如耕作)流失。29. 侵蚀是由许多不同的因素造成的,但是不良的土壤管理,包括耕作,随着时间的推移可能会造成严重的侵蚀,还有一些做法,如冬天不种植被覆盖作物和不

覆盖地膜。30 耕作侵蚀可以导致风和水侵蚀，因为管理不善的土壤更容易受到两者的影响。31

土壤侵蚀是一个问题，有几个原因。当表层土壤(含有植物生长所需的天然养分和有机物质的部分)流失时，土壤的肥力也随之流失。在某些情况下，这种损失会引起农业土壤结构的变化，而这反过来又会增加对干旱的敏感性。被侵蚀的土壤会变成径流，冲进当地的水道，不仅携带土壤颗粒，还携带土壤中的任何污染物(如合成肥料和杀虫剂)。33 风蚀可造成严重的表土流失，以及健康问题、财产损失和对农作物的危害。34 侵蚀也可能是洪水的一个原因，因为受损的土壤不能像健康的土壤那样吸收那么多的水。

### 土壤耕作、气候变化和土壤碳封存

土壤储存着大量的碳;陆地生态系统中近 80%的碳存在于土壤中。土壤固碳的局部损失会造成全球性的后果。科学家估计，大约三分之一的二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排放(气候变化的主要贡献者)来自砍伐森林和耕种农田。36 不可持续的农业技术会造成水土流失，例如过度耕作，并且不能改善土壤健康(例如土壤微生物和有机物)，加速二氧化碳向大气的释放。37

## 3. 可持续农业对土壤健康的好处

工业农业生产(包括工业作物生产和工业动物生产)对土壤健康的负面影响是很多的。但还有另一种选择。可持续的农业技术可以帮助建立健康的土壤，避免使用重合成肥料和杀虫剂，同时保护健康土壤中的自然生物多样性。以下是可持续农业实践对土壤健康的一些主要好处：

- 改进的碳封存——再生农业技术，如覆盖种植，可以帮助建立土壤和封存碳。健康、富含碳的土壤在对抗气候变化中发挥着不可或缺的作用。
- 提高保水能力-有机物质含量高的健康土壤可以保持更多的水分。根据自然资源保护委员会的说法，“土壤有机质每增加 1%，就能帮助土壤每英亩多储存 20,000 加仑的水。
- 减少对杀虫剂的需求——生长在生物多样性丰富、微生物丰富的土壤中的健康植物不太容易受到(或吸引)植物害虫的影响，并且能够更好地保护自己免受攻击。

- 不需要合成肥料——使用可持续的土壤改良技术可以消除对合成化石燃料肥料的需求。例如，用植物堆肥和动物粪便、绿肥和覆盖种植来改良土壤，以及采用作物轮作，都有助于建立更健康的土壤

#### 4. 农民如何在可持续的系统中创造健康的土壤

再生农业技术主要是通过以生态系统为中心的技术来建立土壤健康，比如堆肥和在轮作中加入动物。这与工业模式形成鲜明对比，工业模式使土壤失去养分，导致负反馈循环，随着时间的推移，需要越来越多的投入，比如合成肥料。可持续发展的农民使用许多不同的技术，在不使用合成肥料或杀虫剂的可持续农业系统中创建和维持营养丰富的健康土壤结构。这些技术包括：

- 轮作
- 堆肥的使用
- 绿肥、覆盖种植和覆盖
- 免耕或低耕技术
- 仅限于零农药使用和可持续的害虫管理技术，如使用缓冲区和益虫
- 在牧场添加动物/在农场系统和作物轮作中添加动物粪便