氮污染：地球生命隐形杀手

人类通过化肥增加土地生产力，但全球日益增长的氮肥施用正在破坏环境并威胁人类健康。我们应如何寻找一条更可持续发展的道路？

文/艾伦・R・汤姆森（Alan R. Townsend）
译/陈明巨晓辉

今天地球上的数十亿人，依靠一个世纪之前的一项发明而生存。1909年，德国的两位化学家弗里茨・哈伯（Fritz Haber）和他的同事卡尔・博施（Carl Bosch）发明了合成氨的方法——大气中本来不存在氮气，但它们活化了，能够为大多数生物所利用。20年后，美国的一位科学家卡尔・博施（Carl Bosch）发明了合成氨技术，从此世界粮食生产能力剧增。

在接下来的几十年里，新兴工业利用合成氨技术，生产出了大量肥料，化肥将合成氨技术在人类历史上对公共健康贡献最大的发明之一传播到世界各地。作为绿色革命的关键技术之一，化肥可以改变农业生产方式，增加土壤肥力，促进农业产量增长，而农民可以从中获得更好的生活水平。

物极必反

人类活动打破了自然界氮的氮气和活性氮之间的转化平衡。

解决氮污染必须先回答两个基本的问题：氮循环是如何实现的，而气候变化又如何影响氮循环？解毒氮污染的方法是通过恢复氮循环来实现的，而气候变化又如何影响氮循环？解毒氮污染的方法是通过恢复氮循环来实现的。
氮素的负面影响

在采用氮素形式（如氨气和氨盐）的农业和工业生产中，氮素的使用量是相当大的。但是，从农田、燃烧化石燃料的工厂及车辆尾气排放的氮氧化物悬浮颗粒到氮素在水中的。

氮素的负面影响

1. 氮素在水中的影响，如氮素在水中的影响，氮素在水中的影响，氮素在水中的影响。
2. 对水生生物的影响，如氮素在水中的影响，氮素在水中的影响，氮素在水中的影响。
3. 对生态系统的影响，如氮素在水中的影响，氮素在水中的影响，氮素在水中的影响。
4. 对人类健康的影响，如氮素在水中的影响，氮素在水中的影响，氮素在水中的影响。

世界有能力施用更多的肥料生产更多的食物。
新知速递

35

过去20年中国数亿的效率占

厉害，更意味着在富氧环境下的竞争力更

种新型的“生存岛”是生物多样性丧失的加速器。据

定，中国科学院大气物理研究所的

文章，中国科学院大气物理研究所的

科科长表示，中国科学院大气物理研究所的

体表示，中国科学院大气物理研究所的

年世界密度为200倍，远超同期的CO₂、

气冬季集中供暖，导致每年数亿美

律。这意味着，中国科学院大气物理研究

学表示，中国科学院大气物理研究所的

持，中国科学院大气物理研究所的

气冬季集中供暖，导致每年数亿美

律。这意味着，中国科学院大气物理研究

学表示，中国科学院大气物理研究所的

气冬季集中供暖，导致每年数亿美

律。这意味着，中国科学院大气物理研究
我们该做些什么

改观家农业生产方式，在施用氮肥的地方减少施用量，采用更高效的人机技术，可以减少氮氧化物的产生和排放。

尽管造成土壤恶化的氮肥对土壤的肥力（大约2/3）的活性以及人工合

e，但这并不意味着这不是解决问题的途径。肥料对发展世界人口非常重要，但是，无论针对国家的发展中国家、发展肥

e的高效利用还是解决氮素问题远不

少的途径之一。

发达国家已经开了一系列的项目，而发展中国家的使用氮肥的农业生存，都是对氮素的依赖，应该考虑真正的成本。在其他国家，

德国10亿人在耕作的面积等同于中国，这些地区，农业生产往往基本的营养和氮素不能满足，更不用说作为收入来源了。在

这里，引入这些肥料是明显地改善人们的生活条件。最近研究了这一变化，就是普拉恰等地区的居民认为施用便宜的氮肥和更

好的品种，可以在很大程度上保障和消除氮素。

但是这些肥料需要提温。从美国中西部玉米种植到美国各地，许多研究都表明，在世界范围内，过度施肥已成为普遍现象。有

些地区的肥肥并不是意味着作物产量提高，而是在改良作物的产量，但这些肥料并不意味着作物产量减少。从整体来看，事情并不简单，世界上能够

以较少的肥料实现更多的产量，关键是改变现有普遍的农作方式——即大量使用便宜
肥料，却很少考虑长期后果。对许多作物而言，直接减少施肥量就是一个很好的起点。在许多情况下，肥料施用量远远超过了大多数作物需要的产量，导致氮素和磷素等过量地进入土壤中。在美国，每年人们消耗的氮素只供给占农业用氮的10%。甚至，到今年为止，虽然有了改善，但估计，对于大多数我们常吃的作物，使用化肥中的1/4至1/2会直接通过降雨和径流而被冲到其他区域进入大气。

精准农业技术也有帮助。只要作物需肥量的可能，就可以通过在不同的地方添加合适的肥料，来达到最佳的生长效果。这种方式可以减少不必要的肥料使用，并提升收入。当前的精准农业技术可以准确地测量和控制作物的需肥量，从而减少肥料的浪费。除此之外，这种技术还能提高肥料的使用效率，减少对环境的影响。

取决定力

下面的一些行为可以有效地减少农业对环境的影响：

- 支持使用有机和半有机的肥料，以减少对化学肥料的依赖。
- 选择草料喂养的牛和羊，因为它们不会产生甲烷。
- 减少化学肥料的使用，转而使用有机肥。
- 购买本地农产品。

虽然土培技术在一些国家已经开始使用，但这种技术的使用却在世界范围内仍然有限。通过采用更精准的农业技术，我们可以更有效地使用肥料，减少对环境的影响。
解决方案触手可及

如何解决这个问题

必须对氮素利用进行政策管理，对该行业进行管理。个人则应该选择一种减少氮素污染的生活方式。

世界氮素污染迅速上升表明，对氮素进行政策管理是必要的。氮素循环政策是必要的，比如建立可以进入地表水的最大日负值和确定化石燃料排放中活性氮的允许浓度。在工业和化学行业，政策管理正在整个国家和地区水平上实施，并取得了一些成功（参见《环境科学》，2006年12月《生活废水之变》）。同时，氮素循环

过绿色革命的地区急需更加有效的政策，这些地区应该从一开始就采取可持续的解决方案。例如，限制氮素使用和其他新的政策。即使不对氮素排放实行管理办法，依然有其局限性。例如，如果氮素排放量可以得到控制，这种方法可以对工业和农业氮素排放进行调整，而在2013年已经开始实施的氮氧化物控制计划，已经对氮素排放量的降低产生了显著的影响。
化肥短缺的地方
化肥一直是，而且仍然是满足世界粮食需求的关键因素，特别是在发展中国家和营养不良的地区。如果没有足够的氮，增加化肥的使用是保证粮食供应的有效策略之一。

人类已经生产出足够的肥料满足全人类需求，但不平衡和低效率的分配方式意味着在一些地区由于过度使用化肥产生了问题，贫困地区则处于营养不良的恶性循环。为解决这一问题，联合国粮农组织和世界银行合作推动了“化肥使用”项目，该项目从2002年开始在马拉维地区进行调研实施。经过十年的反复实践和研究，马拉维的实际情况有助于世界-bound农民提高化肥的使用效率和改善的水平。通过良好的施肥条件和管理措施，化肥在2005年仅有43%的使用效率，到2007年已有53%的使用量。

光合作用
化肥生产
化肥使用
化肥循环
化肥管理
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场
化肥政策
化肥法规
化肥技术
化肥经济
化肥环境
化肥健康
化肥贸易
化肥市场