

# 氮污染： 地球生命隐形杀手

人类通过施氮增加土地生产力，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？

撰文 艾伦·R·汤森 (Alan R. Townsend)  
罗伯特·W·霍瓦特 (Robert W. Howarth)  
翻译 陆星 巨晓棠

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，德国卡尔斯鲁厄大学 (University of Karlsruhe) 的化学家弗里茨·哈伯 (Fritz Haber) 找到了一种把氮气转化成氨 (化肥中的有效成分) 的方法——大气中本来存在大量氮气，但它们活性低，不能为大多数生物利用。20年后，德国的另一位科学家卡尔·博施 (Carl Bosch) 把哈伯的发明发展成了工业化合成氨技术，此后世界粮食生产能力剧增。

在接下来的几十年里，新兴工厂利用工业合成氨为原料，生产了大量氮肥，哈伯-博施合成氨技术作为在人类历史上对公共健康贡献最大的发明之一备受尊重。作为绿色革命的支撑技术之一，化肥可以把贫瘠的土壤变成沃土，并使农民可以在同一块土地上连续种植作物，而无须再像过去一样，等土地肥力经过漫长的自然过程恢复。因此，20世纪世界人口由16亿激增到60亿。

然而人类为此付出了高昂代价。我们制造的这些活性氮 (主要来源于化肥，少部分来源于汽车或工业燃烧的化石燃料)，大多数并未通过食物链进入我们的口中。与此相反，它们大多迁移到大气、河流和海洋中，成为严重污染。科学家已经大量报道活性氮造成藻类爆发、海岸死区和臭氧污染的案例。近期的研究表明，活性氮增加还能造成生物多样性丧失、全球变暖，甚至有迹象暗示，它们可能会增加人类几种恶性疾病的发病率。

今天人类正在加速制造活性氮并排入环境中，部分原因在于，越来越多的国家热衷于追求高化肥消耗的生物燃料及肉类的生产 (肉类饮食习惯靠种植大量畜用谷物实现)。在南美和亚洲等地区，过量施肥和不加管制燃烧化石燃料越来越普遍。这就很容易解释，为什么曾经只在北美和欧洲出现的海岸死区以及其他与氮素相关的环境问题，如今会在全球涌现。

与此同时，对于撒哈拉以南的非洲 (sub-Saharan Africa) 和其他贫瘠地区，施肥应该是提供稳定食物来源的首要手段。但是国际社会必须共同在全球范围内寻找更好的施用肥料，同时减少施肥的负面影响。解决之道通常不简单，但也并非遥不可及。

## 物极必反

人类活动打破了自然界惰性的氮气和活性氮之间的转化平衡。

解决氮问题必须先理解氮素的化学行为，并了解氮素是如何造成环境问题的。当气态氮气分子的化学键断裂时，氮素的害处和益处就都出现了。所有生命都需要氮素，但大多数生物并不能直接利用地球上最大的氮源——大气中的氮气。虽然大气组成的78%是氮气，但它是惰性的。自然界中少数微生物种群能破坏氮气分子中两个氮原子之间的氮氮三键，使它转变成能被生物直接利

## 氮素污染

- 来自烟囱、排气管和过量施肥形成的氮素污染，给地球环境和人类健康造成极大威胁。
- 由于一些国家燃烧更多的化石燃料，或热衷于生物燃料等肥料高耗型产业，这种污染会进一步加剧。
- 化肥对满足全球粮食需求必不可少，但世界也可以也应该做到，以更少的化肥生产更多粮食。

应该知道

## 氮素的负面影响

以双原子氮气形式（地球大气最主要的组成成分）存在的氮素是惰性无害的。但是从农田、燃烧化石燃料的工厂或车辆尾气释放的氮素属于活性氮，能给环境和人类健康造成各种负面影响。



用的活性氮，这一过程就是生物固氮。这些特殊的细菌可以自由存在于陆地和淡咸水中，也可以和豆科作物（可以说是全世界最重要的作物）的根系共生。闪电和火山爆发也可以产生少量的活性氮。

在人类发明哈伯-博施及其他固氮技术之前，全世界产生的活性氮可经由另外一小类微生物的反硝化作用（denitrification）转化成氮气而达到平衡。然而，仅仅一代人的时间，这种精巧的平衡就完全被人类活动打破。截至2005年，人类每年至少合成1.8亿吨活性氮，相当于陆地其他自然过程固氮量的两倍（见第36页顶部插图）。

氮素有时被称为自然界最活跃的元素，可以和大多数化合物结合并能广为传播，因此一旦它从非活性态变成活性态的氮，就可能造成一系列环境问题。活性氮原子无论是进入大气还是河流，都可能迁移到离发源地数十千米或数百千米之外。甚至地球某些最

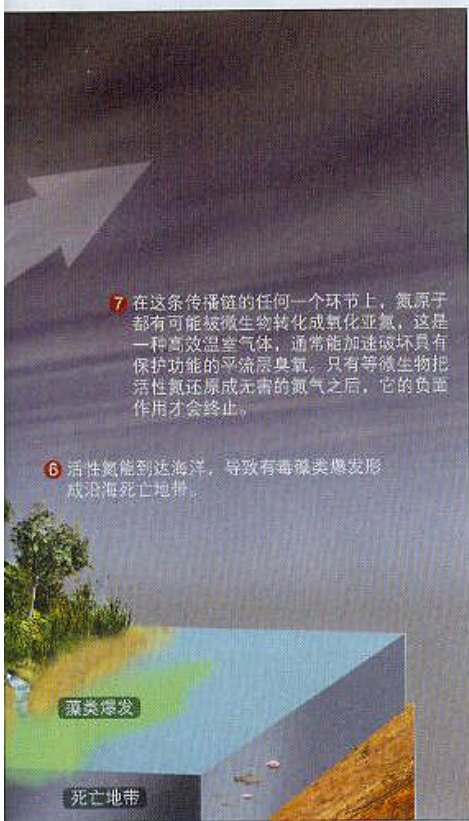
偏僻的角落，现在也受到由于人类活动造成的氮水平升高的影响。也许最让人不寒而栗的是：单个新产生的活性氮原子就能在各种环境中“胡作非为”，就像逃出监狱的惯犯。

### 活性氮的后果

过量活性氮会对环境和人类健康造成极大威胁，还可能引起全球变暖。

向玉米地或草地施入氮肥后的响应简单而明确：植物生长得到促进。然而在自然生态系统中，这种响应往往更为复杂并且令人忧心。含有肥料的河水进入海洋后会引发浮游植物的爆发，这些浮游植物在腐烂时耗氧，形成所谓的死亡地带（dead zone）。即使在陆地，在一个复杂的生态系统中，并非所有植物都对外源氮有同等程度的响应，而且很多植物对突然富氮的情况没有足够的应对

世界有能力施用更少的肥料生产更多的食物。



7 在这条价值链的任何一个环节上,氮原子都有可能被微生物转化成氧化亚氮,这是一种高效温室气体,通常能加速破坏具有保护功能的平流层臭氧。只有等微生物把活性氮还原成无氮的氮气之后,它的负面作用才会终止。

6 活性氮能到达海洋,导致有毒藻类暴发形成沿海死亡地带。

能力,会输给那些在富营养环境下竞争力更强的新物种。通常,外源氮的“净效应”是生物多样性的丧失。数十年来,人为引起的大气氮沉降增加已经导致欧洲很多地方的草地至少丧失了植物种类的1/4。这个问题很普遍,以至于最近的一个科学评估将氮污染评为全球生物多样性三大威胁之一。联合国环境规划署(United Nations Environment Program)的《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity)也考虑将氮沉降的减少作为环保成功的一个关键指标。

一种稀有植物的消失一般不会引起公众或政策制定者太多关注。但过量氮素不仅对其他物种有害,也能威胁我们人类自身。美国国立卫生研究院(National Institutes of Health)的一份报告指出,饮用水中硝酸盐浓度升高(通常是由氮肥施用引起的一种水污染)可能会带来很多健康问题,包括导致一些癌症;与氮素相关的大气污染(包括颗

粒和近地面臭氧)影响着亿万人的健康,增加了心肺疾病的发病率和整体死亡率。

过量氮素(以及另一种普遍使用的化肥:磷)引起的生态反馈,也可能带来其他一些健康威胁。这种反馈的力度及其变化情况仍有待研究,但科学家确信,氮素的富集在很多方面改变着生态系统。近来有证据表明,从饮用水中摄取过量氮素可能增加患阿尔茨海默病和糖尿病的风险。氮素的富集还可能增加空气过敏原的排放,从而助长某些传染病的传播。比如说,向豚草施肥能提高它的花粉产生量,而豚草花粉是引发过敏性鼻炎和支气管哮喘等变态反应症的主要病源。氮素过量时,疟疾、霍乱、血吸虫病和西尼罗河病毒都可能感染更多人。

以上提到的传染病和很多其他疾病受制于环境中其他物种(特别是携带传染病原的生物)的活动,比如蚊子使疟疾寄生虫得以散播,螺类向水中释放血吸虫。螺牛为我们展示了氮素是如何引发连锁反应的:径流中更多的氮、磷能刺激水体中植物的生长,为螺类提供更多的食物,导致这种血吸虫宿主的数量快速增长。额外的营养也导致螺类个体携带的血吸虫数量呈指数增长。一般情况下,要说明养分污染是否会增加患病风险还为时尚早——在某些情况下,这样的生态变化有可能降低我们的健康风险。但在将来几十年里,更多的肥料会用在疾病多发的热带地区,我们需要尽快弄清楚这种生态变化的潜在可能性。

越来越多的证据也指出活性氮在气候变化中日益重要的作用。大气中活性氮以一氧化氮( $\text{NO}$ )或二氧化氮( $\text{NO}_2$ ,两者统称氮氧化物 $\text{NO}_x$ )的形式出现时,就会导致主要副产物——近地面臭氧的产生。这些臭氧的形成之所以令人忧心,不仅仅是因为它们对人体健康有威胁,还因为在接近地面处,臭氧是一种重要的温室气体。另外,它还会破坏植物组织,导致每年数十亿美元的作物产值损失。通过限制植物生长,臭氧削弱了植物吸收 $\text{CO}_2$ 从而抵御全球变暖的能力。

如果活性氮以氧化亚氮( $\text{N}_2\text{O}$ )的形式存在,对全球气候变化则是一个特别令人不安的威胁。原因在于 $\text{N}_2\text{O}$ 是增温效应最强的温室气体,单个 $\text{N}_2\text{O}$ 分子的增温效应大约是 $\text{CO}_2$ 的300倍。尽管大气中 $\text{N}_2\text{O}$ 的浓度远低于 $\text{CO}_2$ ,但当前大气中 $\text{N}_2\text{O}$ 的增温贡献已经达到 $\text{CO}_2$ 贡献的10%。值得注意的是,有时

## 新知速递

过去20年里施用的氮肥占历史总氮肥生产量的一半以上;

自1960年以来氮肥生产量猛增了80%,远远超出同时期大气中25%的 $\text{CO}_2$ 增长量。

如果美国人能转而采用典型的地中海饮食方式,美国的肥料用量会减少一半。

### 本文作者



艾伦·R·汤森(左)是美国科罗拉多大学环境研究项目新任负责人,他是该校土壤与高山研究所和生态学与进化生物学院的教授,主要研究气候变化、土地利用以及全球氮素循环的变化对陆地生态系统基本功能的影响。

罗伯特·M·霍瓦特是美国康奈尔大学生态学与环境生物学教授,研究人类活动如何改变生态系统(侧重于淡水和海洋区域)。

### 本文译者

陆星,中国农业大学资源与环境学院植物营养专业博士。现为博士后,主要从事农田生态系统温室气体( $\text{N}_2\text{O}$ )的产生机理和减排措施研究。

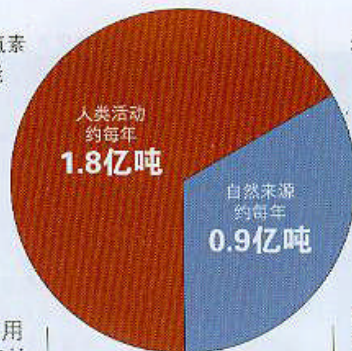
巨晓棠,博士,中国农业大学资源与环境学院教授,博士生导师。主要研究方向为“碳氮循环与温室气体减排”。1995-2009年他先后11次赴加拿大、德国、荷兰、澳大利亚、美国、巴西进行农田生态系统中碳氮循环和温室气体减排方面的合作研究或学术访问,先后12次在国际学术会议上作大会或小组报告,同时还是国内外十几种期刊的审稿人以及《土壤学报》和《植物营养与肥料学报》编委。

过量的氮可以抵消气候变暖——例如，氮素在空气中与其他化合物结合形成气溶胶能反射太阳辐射，而且能促进缺氮森林中植物的生长，从而吸收大气中更多的CO<sub>2</sub>。尽管氮素致热效应和致冷效应之间的平衡仍不确定，大多迹象表明人类持续的过量氮投入将加速气候变暖。

### 我们该做些什么

改变农牧业生产方式，在滥用氮肥的地区减少施肥量，采用更高效的能源技术，可以减少活性氮的产生和排放。

尽管造成环境恶化的活性氮大多来自人类生产的肥料（大约2/3的活性氮是人工合成的），但放弃氮肥生产显然不是解决问题之道。肥料对养活世界人口非常重要，但是，无论对于发达国家还是发展中国家，强调肥料的高效利用应该作为解决氮素问题必不可



● 化肥、化石燃料燃烧、工业用氮（如医药、炸药）、种植大豆和其他豆科作物

● 陆地上的微生物固氮、闪电、火山爆发

人类活动的影响使每年进入陆地环境和沿海海域的活性氮总量增至三倍。

少的途径之一。

发达国家已经开辟了一条密集、而且常常是低效利用氮素的农业系统。人们对氮素的使用往往更像是一种挥霍；高投资低回报，很少考虑真正的成本。在其他地方，超过十亿人在营养不良和贫穷的恶性循环中挣扎。在撒哈拉以南的非洲，在这些地区，农业生产往往连基本的能量需求都不能满足，更不用说作为收入来源了。在这里，引入氮肥会很明显地改善人们的生活条件。最近通过了一项政策，就是给马拉维等地区的贫困农民提供便宜的化肥和更好的品种，可使产量大幅度增长并消除饥荒。

但是这些肥料不需要滥用。从美国中西部玉米种植带到墨西哥麦田，许多研究都表明，在世界粮食主产区，过度施肥已成为普遍现象，而少量施肥并不意味着作物产量减少。从整体来看，事情无非就是，世界能够以较少的肥料生产更多的食物，前提是要改变现有普遍的农作方式——即大量使用便宜

### 全球情景

## 热点地区的变化

氮素使用最多的地区（红色）原本主要集中于欧洲和北美。但随着世界新兴经济体的发展和农业趋势的变化，世界氮素分布的格局也在迅速变化。近年来氮素的使用量在亚洲和拉美增长最快。而其他地区，包括非洲大部分地区，还面临着肥料短缺问题。

#### 巴西南部：

高速增长的人口数量和工业化进程、落后的城市污水处理和快速增长的甘蔗种植，都使巴西圣保罗地区成为南美新的氮素热点区。

#### 华北平原：

化肥施用量激增极大地促进了玉米和小麦的产量增加。但是中国现在成为了世界上肥料投入量最大的国家。



△生物燃料热潮: 以玉米为原料的生物燃料替代化石燃料可减少碳排放, 但由于集约化高施氮的生产方式, 可能对全球变暖的贡献更大。

的肥料, 却很少考虑长期后果。对许多作物而言, 直接减少总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大多数年份确保最高产量的需要, 导致氮素不成比例地流失到环境中。在美国, 每年人们消费的氮量只略多于农民施于农田的 10%。迟早, 剩余的部分会进入环境。据估计, 对于大多数我们常见的作物, 施用氮肥中的 1/4 至 1/2 会立即通过雨水形成的地表径流失或通过其他机制进入大气。

精准农业技术也有帮助。只在作物养分需求量最大的时期在根部附近施肥就是一个例子, 这种方法在一些发达国家已经开始使用。通过利用全球定位系统定位地块, 并配合遥感技术估测植物养分状况, 农民能够精确地换算出作物需要多少氮肥以及何时施肥。但高技术设备过于昂贵, 超出许多农户的承受能力, 所以说精准农业技术不是万能药。

解决之道并非只有高科技。冬季种植覆盖作物 (cover crop) 把氮素留在地里以避

免土地裸露数月, 在玉米之类的高价值作物行间保留一些覆盖作物, 都是低成本却有效的策略。即使只是在春播之前而非在秋天施肥, 也会有很大不同。

改变肉类生产方式是另一种解决途径。进入作物的氮素大多数被猪、牛、鸡等吃入体内, 然后大部分以打嗝、尿液和粪便的形式排出。尽管减少全球肉类消耗会是很值得的举措, 但肉类蛋白质依旧是大多数人饮食的重要部分, 所以生产肉类的效率也必须提高。改变动物的饲料组成, 如多用青草、少用玉米喂养奶牛, 就能够有一些作用; 更好地处理动物排泄物, 就像污水处理设施处理人类废物一样, 则能将更多的活性氮在释放到环境之前转化成惰性的氮气 (参见《环球科学》2009 年第 3 期《吃一千克牛肉 = 开车 70 米》)。

能源行业产生的活性氮占世界过剩氮总量的 20%, 在烟囱和其他工业污染源上采用更好的 NOx 清除技术, 就可以移除现在由于

## 取决于你

下面的一些个人行为可以同时降低碳排放和氮的负面影响:

- 支持风能、混合动力汽车和其他旨在减少化石燃料消耗的政策。
- 选择草料喂养的牛肉并少吃肉。
- 购买当地产品。

化石燃料而排放的活性氮。此外，全球持续致力于提高能源效率和发展清洁可再生资源的努力将降低氮和碳的排放。拆除最老旧、最低效的发电厂，提高车辆尾气排放标准，并且在可能的情况下将传统的燃烧发电转换成燃料电池，这些举措都将对未来产生深远影响。

当然，用玉米制成的生物燃料这种可再生资源产生了对肥料的新需求。在美国，从玉米中生产的乙醇量飞速增长，从2000年以来增长了近4倍，这对流入密西西比河中氮素的增加产生了很大的影响，过量肥料进入墨西哥湾，致使藻类大量繁殖并产生死亡地带。根据2009年4月环境问题科学委员会（Scientific Committee on Problems of the Environment），隶属于国际科学理事会（International Council for Science）发布的一份报告，生产生物燃料的常规方法除了会产生一些常见的生态问题，还会加剧全球变暖、威胁粮食安全并造成人类呼吸系统疾病。

### 如何解决这个问题

必须对氮素利用进行政策管制，对减少施肥进行经济鼓励，个人则应该选择一种减少氮素污染的生活方式。

已经有各种技术手段可以更有效地管理氮素，既发挥它的功效又大大降低风险。因为我们面临的诸多能源挑战，立即转向更可持续的氮利用并不容易，也不存在所谓捷径。此外，只有技术知识还不够：没有经济鼓励和其他政策的转变，这些方案都不可能解决问题。

世界各地氮素污染迅速上升表明，对氮素进行政策方面的管制是必要的。贯彻和强化环境标准是很必要的，比如设立可以进入地表水的最大日负荷和确定化石燃料排放物中活性氮的允许浓度。在美国和其他各国，监管政策正在整个国家和地区水平上实施，并取得了一些成功（参见《环球科学》2006年第12期《复活死亡之海》）。同时，那些借

### 解决方案触手可及



■ 企业可以在烟囱和其他污染源上应用更多的NO<sub>x</sub>清除技术。

■ 农民可以减少化肥用量。对许多作物而言，减少化肥用量不会降低产量。

■ 社区官员可以确保有湿地环绕农田作为缓冲，这样可以使含有氮素的农田径流在进入河流和湖泊之前被吸收。

■ 国家可以设立农业补贴，奖励环境友好的种植方式。

过绿色革命的地区急需肥料政策的变化，这些地区应该从一开始就采取可持续的解决方案，以避免重蹈美国和其他地区的覆辙。

即使不对排放超标者采用罚款的方式进行管制，依然有其他有效措施。市场手段，例如发放交易许可证可能也有用处。这种方法对控制工厂排放的SO<sub>2</sub>很有成效。类似的方法已应用到NO<sub>x</sub>的减排上，包括从2003年开始实施的美国环保局NO<sub>x</sub>排放权交易计划。这样的政策也可扩展到肥料径流和牲畜排放物中，虽然后者比燃煤电厂的烟囱更难监控。

应对这一问题的其他方法也开始被采用，包括更好地利用农业区景观设计，特别是确保水体附近的农田周围有缓冲的湿地环绕，这样能显著减少输入地表水和近海的氮。像美国休耕保育计划（U.S. Conservation Reserve Program）所做的那样，保护河岸地区可以完成双重任务：不仅减少了氮素污染，还为候鸟和许多其他物种提供了重要栖息地。

要取得重大进展，或许还需要重新考虑农业补贴政策。具体来说，对环境管理的奖励能快速改变标准做法。最近由美国农田信托基金（American Farmland Trust）进行的非盈利试验证明了这一点。农民同意减少化肥的使用，并用节省下的费用购买基金。然后，他们对大部分田块减少施肥量，仅对小块试验地大量施肥。如果这些小试验地的产量超过了整个农田的平均产量，就将由基金支付产量损失。

本文作者之一霍瓦特在2005年的《千年生态系统评估》（Millennium Ecosystem Assessment）中指出，由于当今许多作物存在过量施肥的趋势，真正支付损失的机会很少。在美国中西部产粮地区（墨西哥湾死区氮素污染的主要来源），农户平均氮肥用量超过了农业推广机构推荐量的20%~30%。像预测的那样，参加这个试验或类似试验的农民减少肥料用量，实质上并不会减少作物产量，因为他们支付基金的钱少于购买化肥所节省的钱，他们也节省了成本。结果就是，这种基金的增长不需要纳税人的补贴。

相反的情形

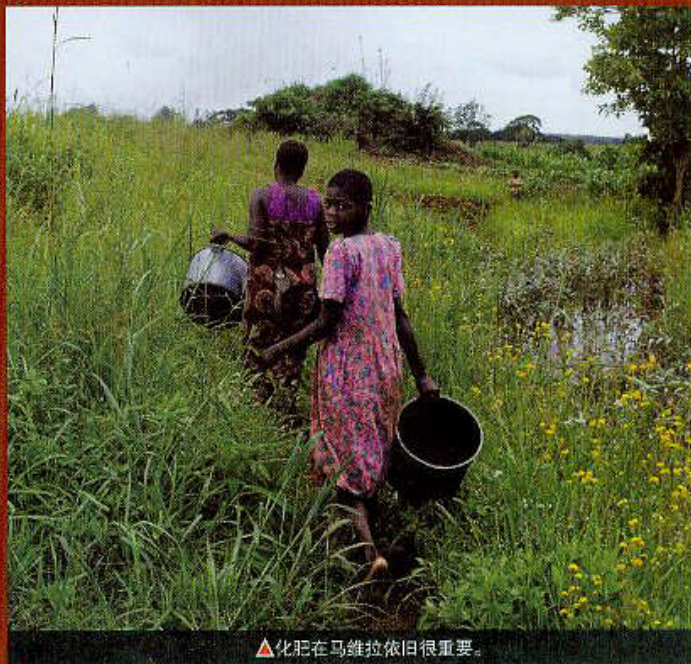
## 化肥短缺的地方

化肥一直是, 而且仍将是满足世界粮食需求的关键因素, 特别是在居民普遍营养不良的地区, 如撒哈拉以南的非洲, 增加化肥的施用是建立可靠粮食供应的有效策略之一。

人类已经生产出足够多的肥料满足全世界需求, 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肥料产生了问题, 贫困地区则处于营养不良的恶性循环。为那些一般消费不起化肥的人提供化肥, 显然能对提高撒哈拉以南非洲地区的粮食安全和农村人居条件起到重要作用。那里由于土壤养分不断消耗和水土流失, 直接导致了营养不良广泛蔓延。

肥料补贴是非洲千村项目的一个支柱。已在非洲的一些农村中广泛开展。千村项目是一个雄心勃勃的概念验证项目, 目的在于提高健康、教育和农业生产水平。该项目从 2004 年开始, 在马拉维地区进行全国范围的实施。经过十年的反复粮食短缺和饥荒, 马拉维创建的补贴可为贫困的农民提供化肥和改良的种子。虽然良好的气候条件起到了一定作用, 但是这项措施的效果很明显; 马维拉在 2005 年仍有 43% 的粮食赤字, 到 2007 年已有 53% 的粮食盈余。

——本文作者



▲化肥在马维拉依旧很重要。

最后, 改善公共教育和个人选择可以发挥关键作用。许多人已自发开始减少自己的能源消耗, 因此, 各个行业的人们都可以选择一种减少氮素污染的生活方式。

美国人少吃点儿肉, 将是一个很大的改善。如果美国人的饮食方式改变成典型的地中海式(其平均肉类消费量是现在美国的 1/6), 不但会改善美国人的健康, 整个国家的化肥使用量也将减少一半。饮食习惯和农业实践的这些转变, 可以在降低氮素的环境污染的同时改善公众健康; 富裕国家氮素集约的农业生产方式导致过量蛋白质的摄入和不均衡的饮食结构, 这些与心脏病、糖尿病以及儿童肥胖等健康问题有关。

作出旨在减少个人碳足迹的个人选择也很有用——不只是在工业方面, 如支持风力发电和混合动力汽车; 也可以在农业方面: 少吃肉类, 食用当地生长的食物, 吃草喂养而非玉米喂养的牛肉, 这些都可以减少碳和氮引起的环境问题, 单纯个人的选择不可能

解决全部问题, 但历史经验表明, 它们可以促进社会向新的道路迈进。气候变化与能源生产之间如今众所周知的取舍权衡, 曾长期被视作为一种假想而被人忽视, 但现在从总统的演讲到路边广告牌都随处可见, 使能源结构调整得以萌芽。

不幸的是, 氮的问题比碳的问题更难解决。为解决后一个问题, 努力创造一个不使用排放 CO<sub>2</sub> 的化石燃料来提供能量的未来是可行的。但是, 一个不需要生产大量活性氮的世界是无法想象的。化肥一直是, 而且仍将是满足粮食需求的关键因素。然而, 如果我们继续一切照旧, 让氮肥生产量持续增长, 那么在未来, 我们会看到哈伯的发明逐渐变得弊大于利。

不过, 正如我们在这里讨论的, 氮污染可以通过目前成本较低的技术大大降低。我们可以, 而且必须做得更好。立即行动, 并持续不懈地努力, 一个氮素可持续利用的未来是完全可以实现的。SA

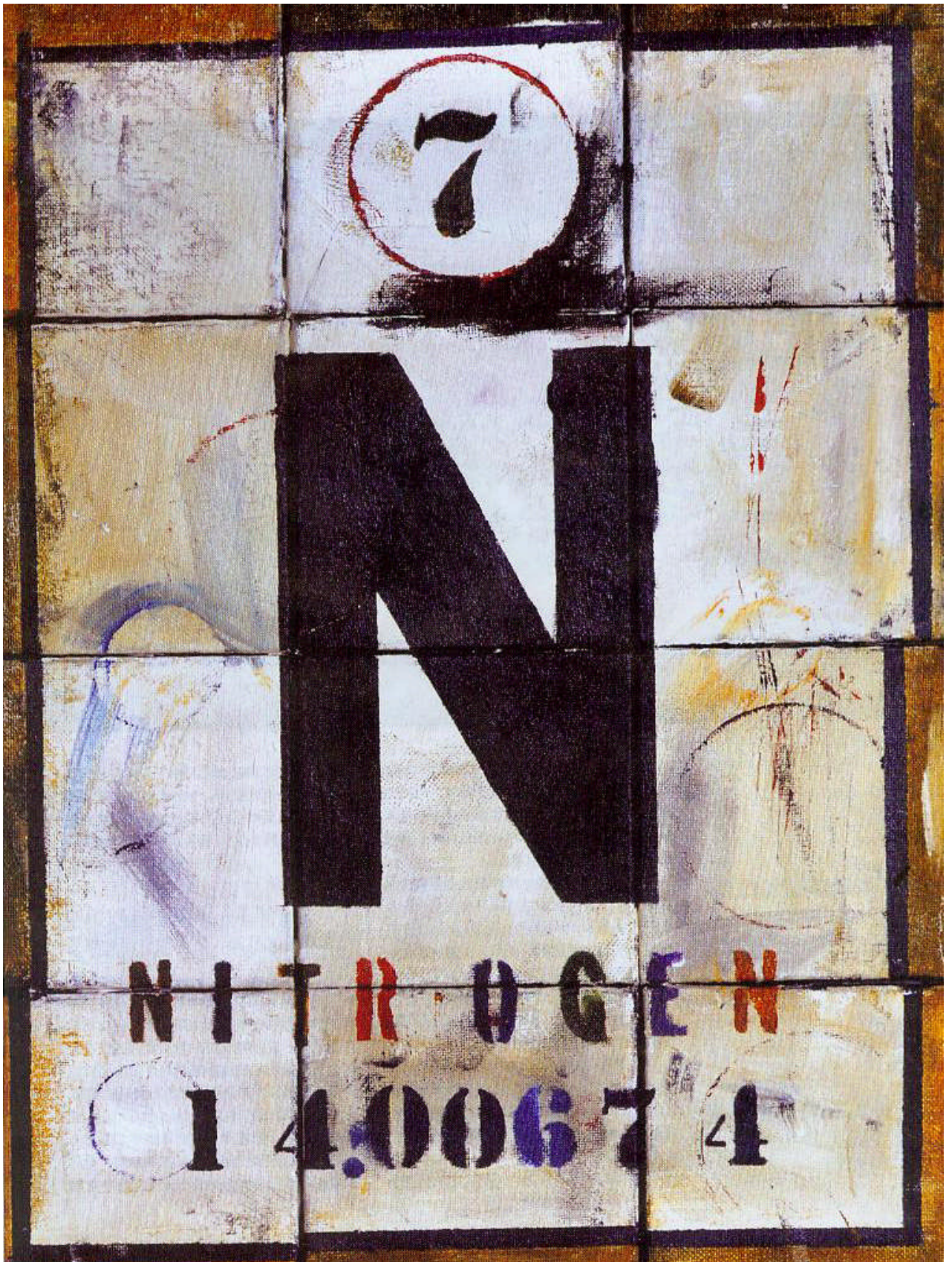
## 扩展阅读

◆ **Nutrient Management.** R. W. Howarth et al. in *Ecosystems and Human Well-Being: Policy Responses*. Millennium Ecosystem Assessment: Island Press, 2005.

◆ **Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions.** James N. Galloway et al. in *Science*, Vol. 320, pages 689 - 692; May 16, 2008.

◆ **Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use.** Edited by R. W. Howarth and S. Bringer. Proceedings of the SCOPE International Biofuels Project Rapid Assessment, Cornell University, April 2009. <http://cip.cornell.edu/biofuels>

◆ **Nutrient Imbalances in Agricultural Development.** P. M. Vitousek et al. in *Science*, Vol. 324, pages 1519 - 1520; June 19, 2009.



7

N

NITROGEN

14.00674