

# 肥料使用减排

## 行动纲要

2022年09月



**ifa**  
INTERNATIONAL  
FERTILIZER ASSOCIATION

*Helping to feed the world sustainably*

S Y S T E M I Q

## 关于该文件

---

该文件是受国际肥料协会( IFA )委托, 经10个IFA成员资助, 由Systemiq出版。

**Systemiq**是一家系统变革公司, 与商业、金融、决策者和民间社团合作, 使得经济系统真正具有可持续性。

**IFA**是全球唯一拥有400多个成员的肥料工业协会, 其使命是促进植物营养元素的高效且负责任地生产、流通和使用。该使命在促进以可持续的方式为世界提供食物方面发挥着至关重要的作用。

赞助该报告的IFA会员包括:

- 白金赞助者 – CF Industries, Nutrien, OCP, Qafco, Sabic Agri-Nutrients和Yara
- 黄金赞助者 – Mosaic
- 白银赞助者 – Incitec Pivot, IRM和Profertil

该报告由Systemiq团队、Jeremy Oppenheim、Rupert Simons、Thomas Hegarty和Paddy Ellen编写, 与IFA及赞助公司密切协商并得到其技术上的帮助, 同时也与学术界及民间团体进行了探讨。赞助公司和IFA对该出版物中提出的论点主旨表示赞同, 但并不代表完全赞同文件中的每一个观点或建议。

如有疑问可发邮件至ifa@fertilizer.org。

## 致谢

---

关于本报告的编写还与来自世界各地的利益攸关方及专家进行了广泛的磋商, 包括来自IFA和赞助公司的代表。我们感谢他们给出的建议和指导。

除了赞助公司的代表之外, 我们还要特别感谢以下个人, 他们给了我们专业的知识并付出了时间与精力:

- Scarlett Benson, Seth Cook和Talia Smith – 粮食和土地利用联盟
- Achim Dobermann, Patrick Heffer和Alzbeta Klein – IFA
- Alison Eagle, Amy Hughes和Shelby Shelton – 美国环保协会
- David Kanter – 纽约大学
- Steven Lord – 牛津大学
- Claudia Wagner-Riddle – 圭尔夫大学
- Xin Zhang – 马里兰大学环境科学中心



**Jeremy Oppenheim**

Systemiq创始人, 资深合伙人

乌克兰战争导致世界面临粮食安全危机。这对于我们如何转变粮食种植以满足气候、生物多样性和其他环境目标来说又是一个持续的挑战。这些挑战很紧迫, 肥料行业在提供解决方案方面将起到核心作用。

目前世界尚未步入将全球变暖控制在1.5°C以下的发展轨道。世界气象组织的报告表明, 未来五年内全球温升将有很大可能超过1.5°C。这不是一个长期问题。在不久的将来我们会越来越感受到它带来的影响。这是一个现在就需要采取行动的问题—对此我们可以有所作为。



**Alzbeta Klein**

国际肥料协会CEO/总干事

粮食行业占据了31%的温室气体排放, 其中无机肥料约占6%。同时, 化肥行业正与农民、决策者、科学家及其他农业合作伙伴合作, 通过产品、专业知识和全球覆盖提供解决方案。

我们对这份肥料使用的减排报告表示欢迎。它将成为肥料公司和其他利益相关者的重要资源, 协助实现可持续地为世界提供食物。

许多从化肥的使用中减少排放的措施是众所周知、可以理解且成本上是能担得起的。许多同样的措施也提高了农民的抵抗力, 减少了动荡的投入品市场的冲击。提高氮肥利用效率有助于改善气候和更广泛的环境; 它还有助于粮食安全, 并支持农场盈利。扩大抑制剂的使用可以进一步降低排放。肥料公司也可以进一步努力, 建议农民如何土壤固碳, 并对已经这样做的农民给予支持。

在更广泛的粮食系统中努力解决粮食损耗和浪费问题, 并将消费者的需求更多地转向固氮作物, 将进一步减少来自肥料使用的排放, 并增加端到端的资源生产率。

在行业对农民提供服务的外延工作以及研发方面, 要实现减排需要一个步骤上的变化。实现所需的规模意味着在整个行业、流通链条上下以及与食品公司和零售商建立并加强伙伴关系。这将意味着要改变作物需肥量计算方式, 以及改变在化肥施用方面给予农民的建议。这将意味着加强与政策制定者和标准制定者的接触, 以改变对农民的激励平衡, 更多地支持低排放做法。

目前是化肥行业为解决短期和长期危机做出贡献的最好时期。



**John Kerry**

约翰·克里 美国总统气候特使

“我赞扬国际肥料协会承担了这项重要工作。农民需要支持来减少化肥使用的排放。为了使这一重要挑战的解决方案持久且被广泛采用，它们需要灵活和以农民为中心，这样我们才能帮助减少排放，同时支持粮食安全。特别是增加使用提高效率的肥料，可以帮助减少一氧化二氮排放，同时满足作物的养分需求。”

“世界资源研究所致力于转变粮食体系，在保持实现1.5°C的气候预算和保护自然的情况下为每个人生产出足够的粮食。本报告强调了化肥行业的关键作用。化肥有两个重大贡献。第一，化肥使得在相同或更少土地上生产出更多的粮食。目前我们的粮食产量相较于2050年养活世界人口所需的产量之间还有50%的缺口，同时还需要阻止因农用耕地扩张而占用森林的趋势。第二，化肥产业可以在更少的投入和外部影响下提高单产。这需要逐步提高氮肥利用效率，并推广使用控释肥和硝化抑制剂。为此，为了推广这些方法，我欢迎对其困难和机遇开展更多研究的建议。我非常高兴地看到，化肥行业正在形成一种科学的方法来实现该行业的脱碳，包括范围3排放在内的。这是非常正确必须的导向，可以帮助实现未来可持续的粮食生产。”



**Diane Holdorf**

世界企业永续发展委员会  
(WBCSD)路径执行副总裁

“在如何转换到一个可以为所有人生产健康、安全和营养食品的可再生和公平的粮食系统方面，化肥企业扮演者非常重要的角色。本报告中强调的一些行动措施可以为化肥企业提供一个参考路线图，来帮助加速这一转变。WBCSD期待着支持IFA和价值链上的企业实现所需的关键变革。”



**Janet Ranganathan**

世界资源研究所(WRI)战略、  
学习和结果总经理

---

**无机肥料是重要的全球粮食供应链投入品。这些重要投入品的可获得性将直接影响着世界粮食生产的质量和数量。**

无机肥料一直是提高农业单产、养活不断增长的人口和缓解土地用途变更压力的关键因素。同时,无机氮肥的使用以及其他形式的氮污染,导致每年排放温室气体约7亿吨二氧化碳当量(Gt CO<sub>2</sub>e)。

无机肥料行业正在寻求解决这些排放问题,在遵守《巴黎协定》1.5°C目标的同时,确保为农民持续供应所需的肥料,以确保养活不断增长的世界人口。积极主动的努力,使该行业能满足投资者、决策者、科学家和民间团体日益增加的脱碳需求。

化肥行业正在寻求开发行业脱碳方法,以便能够为范围1和2排放设定基于科学的目标。这将建立在现有合成氨生产脱碳工作的基础上。本报告的目的是对来自化肥使用的行业下游范围3排放的减排机会进行审查,以及通过土壤碳封存支持大气碳清除的能力。

落实本报告中的建议,迎接脱碳挑战,将有助于确保整个粮食体系的长期经济性和环境可持续性,并为未来创造一个作物营养产业。在粮食和化肥的可获得性和可负担性面临巨大压力的时刻,将行业置于可持续的基础上比以往任何时候都显得更加重要。

**在过去的一个世纪中,无机肥料的开发和大量使用为全世界提供了粮食,但也导致了大量的温室气体排放。**

**1.在过去的一个世纪中,无机肥料在改善粮食安全、提高作物单产和农业生产力方面发挥了重要作用。**在全球人口迅速增长的情况下,帮助减少了饥饿,阻止了农田扩张和相关土地用途变更。<sup>a</sup>化肥对于实现联合国可持续发展的目标2—零饥饿至关重要。与此同时,我们看到森林砍伐总量增加同时耕地面积不断扩大,因为市场需求超过了现有耕地可能的单产增加,或者是扩大耕地面积比提高单产更易实现。

**2.同时,来自“从农场到餐桌”的食物系统的净排放为170亿吨CO<sub>2</sub>e/年,<sup>b</sup>占人为温室气体排放的31%。<sup>1</sup>其中,与无机氮肥施用有关的大约为7.17亿吨CO<sub>2</sub>e/年。<sup>c</sup>鉴于数据获得渠道,这个数字存在相当大的不确定性,但该数值与德国经济每年的总排放量相似。<sup>2</sup>**

**3.控制全球温升在1.5°C<sup>d</sup>以内,实现联合国可持续发展目标,需要粮食体系和化肥行业做出改变。**作为实现粮食体系中这一改变的其中一步,化肥部门委托编写了这份报告,以确定如何解决农场排放问题。这些排放构成了《温室气体议定书》定义的化肥企业下游范围3排放清单的一部分。

**4.本报告中的建议是建立在现有活动基础上的,但也需要新的举措。**不能指望农民独自承担减排的成本和负担。这意味着化肥行业需要扩大与农民的合作,以及与粮食体系其他方面的利益攸关方、决策者和标准制定者合作,为更好地使用化肥创造合适的环境。这些工作应该和继续努力提高产量、种植更有营养的食物、改善土壤健康和增加土壤碳储量同时进行。

**5.若不能更快地行动会带来重大风险。**气候变化将破坏粮食生产系统的稳定,增加化肥企业客户的波动性和财务脆弱性。而化肥行业正面临着越来越大的来自投资者、政策制定者、科学家和民间团体的要求制定计划来解决其温室气体排放和更广泛环境影响的压力。

**6.现在采取自愿行动可以解决这些行业面临的风险,并减少排放。**这能使该行业继续履行其使命,作为更广泛的农业粮食体系的一部分,为人类提供食物,支持农民生计,减轻土地用途转换的压力。

### **目前已有很多的减排机制**

**7.通过最佳管理实践提高氮肥利用效率(NUE)是解决来自无机肥料使用的温室气体排放的关键。**无机氮肥施用应使养分的供应与作物的需求同步,最大限度地提高植株吸收养分的比例,从而减少养分向环境排放的损失。

**8.全球范围内氮肥利用效率(NUE)有很大不同。**法国和美国在70%以上,而中国和印度则低于50%。<sup>3</sup>一个现实的目标是至2040年将全球作物生产的平均NUE从目前的50%提高到70%。相对于目前水平(见框1),2050年,在氮氧化物排放方面可减少

1.90-3.70亿吨CO<sub>2</sub>e,同时减少3000-5000万吨二氧化碳排放。

**9.根据当地实际情况,改进管理实践提高NUE。**肥料行业的“4R养分管理”计划阐述了如何通过使用正确的养分源、以正确的速度、在正确的时间和地点来提高NUE,以最佳地满足植物的需求。农民和营养顾问可以使用4R工具箱选择那些最适合他们地点和作物的具体做法。

**10.提高NUE不仅意味着优化氮肥管理,还包括其他投入。**植物需要获得其他营养元素,包括磷、钾、硫、钙、镁和微量营养元素,以及充足的水、健康的土壤和适当的劳动力投入。例如,磷可以改善植物的氮素吸收和生物固氮,进而提高NUE。

**11.推广使用抑制剂和控释肥料可以进一步减少氮氧化物排放。**脲酶和硝化抑制剂可以减缓土壤中氮肥向其他含氮化合物的转化。控释肥料将有助于肥料养分的释放与作物的需求同步。需要做进一步的研究和开发产品,降低技术成本,加深对相互间协同作用以及对更广泛的环境影响的认知。如果能实现这些技术使所有矿物氮肥施用量减半,相较于目前水平,2050年可进一步减少1-2亿吨CO<sub>2</sub>e的温室气体排放。

**12.这些措施不会消除来自化肥使用的排放。**进一步的减排将取决于粮食体系更广泛的转型。改变轮作方式,允许更多的生物固氮,可以进一步减少氮肥的使用,但这也需要重新平衡人类的饮食偏好和工业应用,以增加对此类作物的消费。总体而言,相较于目前水平,2050年这些措施将可进一步减少氮氧化物排放6500-7500万吨CO<sub>2</sub>e和1000-1500万吨二氧化碳。将来提高产量、减少粮食损失和浪费的措施也可减少来自肥料的排放。

## 框1.高水平情景累积减排

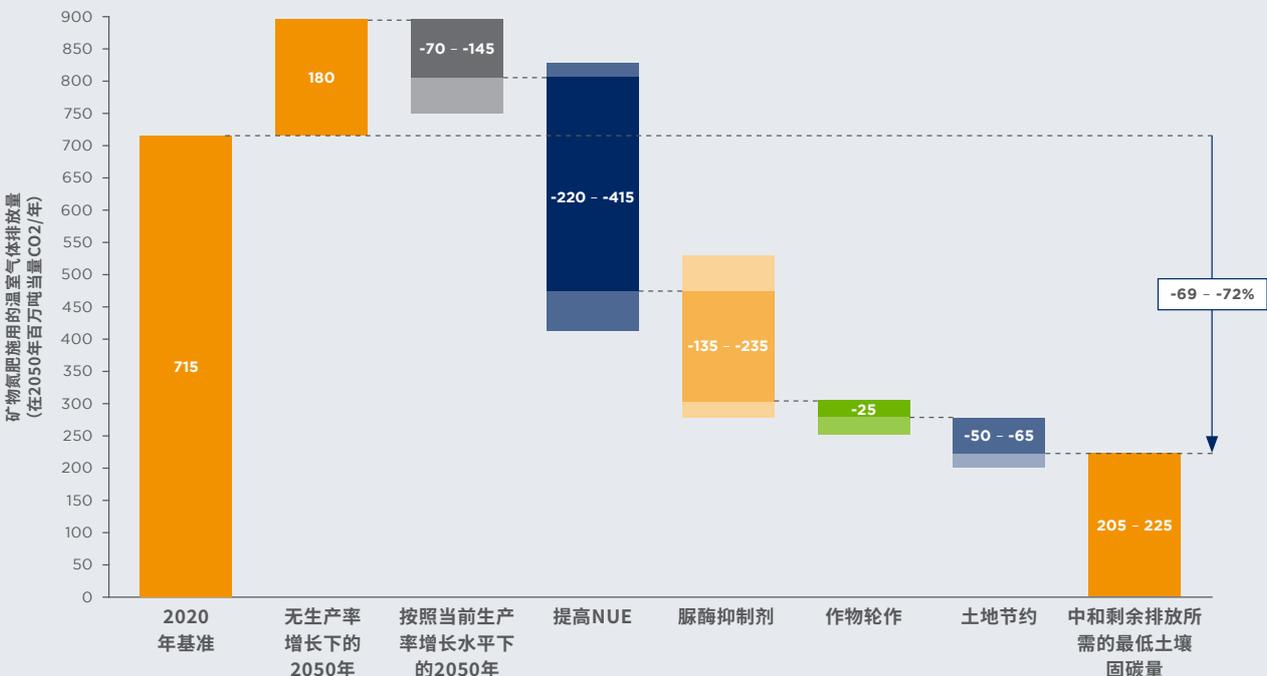
该报告提出了一个自上而下减少温室气体排放的情景。该情景的目的是讲清楚各种干预措施在未来30年内大规模应用的潜力。它不应被视为对应该发生事情的预测或陈述,也不应被视为所有干预措施的详尽清单。

图1给出了在不同假设条件下,由三个子情景构建的分析结果。第一步是按照“当前水平”构建的2050年情景。在这种情景下,全球人口增长与联合国的预测一致,农业生产力每年增长0.8%-1.1%,氮利用率每年增长0.4%-0.6%,无机氮施用率方面非洲与当前全球平均水平的差距缩小1/3-2/3。

然后依次实施减排措施:通过采用最佳实践将NUE提高到65%~75%;在一半的作物面积上使用硝化抑制剂,一半的尿素施用面积上使用脲酶抑制剂,使这些区域上的氮氧化物直接排放量减少30%~50%,尿素挥发损失的氮素比例减少30%~60%;豆科作物在轮作中的比例由占全球耕地的14%增加至20%;而膳食结构的改变使得作物土地面积减少,进一步减少了排放。

剩余的排放则需要通过支持土壤固碳予以中和。

### 图1.高水平情景累积减排



条形柱深色部分表示核心情景,浅色的部分表示围绕这一结果的一些不确定性。由于四舍五入和子情景合计,总数可能不等于各项的加和。

数据来源: Systemiq 计算

**13. 有些排放将永远不能被消除。**拟议的组合措施可将氮氧化物排放量减少至每年约1.75-1.9亿吨CO<sub>2</sub>e, 较目前水平低30%, 二氧化碳的排放量约为3000万吨, 较目前水平低40%。然而, 鉴于土壤中无机氮肥的性质和微生物活性, 总会产生一些残留排放。这部分排放需要通过从其他地方的大气中清除掉二氧化碳来中和, 以使该行业排放达到净零。

**14. 土壤固碳是化肥行业价值链中碳清除的渠道之一。**据估算土壤总的潜在固碳量范围为4-68亿吨CO<sub>2</sub>/年, 在较低限值具有较高的置信度。最大限度地发挥这一潜力需要扶持农民采取平衡营养、土壤改良和其他最佳管理及再生农业实践来改善土壤结构, 并允许种植更多的生物量并返还到土壤。土壤有机质中稳定的碳氮比意味着需要更多的氮来创造微生物将生物量分解为碳的条件。在热带固磷土壤中, 磷对土壤碳的增加也起着关键作用。这类土壤广泛分布且具有较高的生物质产量和固碳潜力。

**15. 中和因化肥使用而剩余的排放所需的固碳量相当于政府间气候变化专门委员会对农田土壤固碳成本效益估算的三分之一左右。<sup>4</sup>**只有使用公司会计方法且在公司供应链内的碳排放清除项目才算在了插图中。不可避免地, 需要考虑土壤中固碳和氮氧化物排放之间的权衡, 以及从改善土壤健康中获得的更广泛的收益。

### **各地区都存在巨大的给农民带来好处的减排机会**

**16. 所有市场都需要采取行动来减少排放和提高生产率。**在中国, 特别是在小农耕系统和果蔬生产中, 仍然存在过量使用无机氮肥的现象。在印度, 施肥过于偏重氮素, 其他养

分供应不足。在美国和欧洲, 通过进一步采用最佳施肥实践和增加创新产品使用仍会有额外的机会来提高肥料利用效率。在非洲和拉丁美洲的一些地区, 还将额外需要无机肥料。世界各地都有来自更广泛的粮食体系变革的机会, 来实现进一步地减少排放。

**17. 其中的很多措施对农民来说是节约了成本的, 但整个粮食体系的其他方面障碍阻碍了措施的实施。**提高NUE在很多情况下可以降低投入成本, 提高产量, 改善农户财务状况。农民还可以通过出售信用(包括出售给已经设定了减排范围3目标的客户和供应商)等方式从土壤固碳中创收, 加强最佳实践的财务回报, 同时也更广泛地改善了农业的环境可持续性。<sup>e</sup>

**18. 然而, 农民作为更广泛的系统的一部分起作用, 许多人在改变他们的商业做法方面面临障碍, 往往不受自己的控制。**其中最普遍的障碍是: 缺乏时间、知识或资源来应用最佳实践; 获取所需技术的资金障碍; 当地劳动力市场受限; 缺乏具有相应资格证书的农学顾问、专业农学家、认证的作物顾问或其他认可的农业资格证书; 关系网之间缺乏支持; 与低排放实践或市场准入相关的销售价格溢价不足; 以及使用抑制剂等措施带来的成本。

### **实现这些减排机遇的路线图**

**19. 国际肥料协会(IFA)委托Systemiq公司撰写的这份报告为化肥行业制定了行动路线图。**这些建议有助于实现减排机会, 缓解日益严重的风险, 并解决与田间使用无机肥料有关的温室气体排放问题。随后将会开展详细的工作, 基于科学的目标倡议制定行业脱碳方法和范围3指南及目标设定, 以及相关的公司承诺。框2给出了化肥行业排放在不同排放范围内的分配方法。

## 框2. 肥料行业排放与《温室气体议定书》

《温室气体议定书》规定了企业报告其排放量的标准。提供了给定报告期的效能快照。该协议将企业排放划分为三个“范围”：

- **范围1:直接温室气体排放。**这些是由企业拥有的或控制的排放源产生的排放,如在生产无机氮肥或前驱产品过程中使用天然气和其他化石燃料产生的排放;
- **范围2:与电力相关的间接温室气体排放。**这些是与企业用电生产相关的排放;和
- **范围3:其他间接温室气体排放。**这些排放是公司活动的后果,包括公司产品的使用,但排放源不是由公司及其价值链的上下游拥有或控制。

图2给出了化肥生产企业在不同范围内的排放分布。本报告的重点是下游范围3的排放。

图2. 化肥行业排放



资料来源: Nutrien, IFA, FAOSTAT, 世界可持续发展工商理事会及世界资源研究所(2004)。

**20. 农民将是实现这些机遇的关键, 解决方案必须以农民为中心。**农民可以通过降低投入成本和提高产量从许多提高效率的措施中受益。然而, 一些增强型产品伴随着价格溢价, 更广泛的食品系统的变化也将取决于消费者偏好的改变。本报告的地区分析表明, 25%-30%的减排措施对农民来说将是节约成本的。

**21. 化肥企业要承认帮助农民减少排放的共同责任。**这意味着应与农民和经销商、决策者、咨询机构和其他农业食品系统伙伴合作, 以确保农民有激励、资源、知识和产品来实施所需的措施。

**22. 每个化肥企业可以采取的步骤取决于他们在供应链和价值链中的位置, 取决于他们经营的市场。**一些肥料生产厂家会更

好地调整改善现有的产品组合。拥有零售和分销优势的单位可以更直接地与农民和农场顾问合作。所有企业都可以与食品制造商和零售商合作,分享最佳实践,并确保农民在减少排放方面获得财务回报;并且都可以参与解决排放的全行业倡议。在目前的会计框架下,所列出的一些行动可能不会有助于一个公司范围3的减排,但仍将支撑政策制定者及其他方所要求的减排。关键措施总结如图3所示,并包括:

- i. **提供量身定制的产品、多养分产品和增效肥料产品:**肥料公司应根据不同的气候条件、土壤类型和作物,开发和推广优化产品,以最大限度地减少排放和支持土壤固碳。厂家可以提供有针对性的营养素组合,努力改善增效肥料的适用性、可获得性和利用率,并确保流通链具有销售这些产品的动机和专门知识。企业需要解决产品被接受的价格障碍,例如提升产量以外的共同利益;
- ii. **教育和激励农场顾问、投入品零售商和农民自己做出可持续的营养选择** 肥料企业应与他们的农场顾问和农业投入品零售商以及农民直接合作,开发和推广他们需要的产品、工具和软件,以解决排放和固碳问题。在与顾问、零售商和农民的商业关系中,需要新的激励结构,以确保减排量和清除量得到充分的激励。此外,确定化肥施用的工具和算法需要考虑排放和土壤碳影响;
- iii. **致力于内部研发、竞争前创新合作以及与研究机构的伙伴关系:**减少无机肥料排放的技术和成本障碍可以通过增加研发来克服:

- 农户采纳最佳实践的当地碍;
- 持续改进增效肥料的可负担性、有效性和环境可持续性;
- 遗传改良以增强植物养分吸收;和
- 时间和空间上可扩展的氮氧化物排放和土壤碳测量。

创新可以采取多种形式,从内部研发,到与创业公司、高科技公司和公共机构合作。IFA的Smart & Green平台或竞赛等全行业倡议也可以发挥重要作用。正确的创新形式取决于面临的问题、时间跨度、合作机构的专业知识和竞争考量;

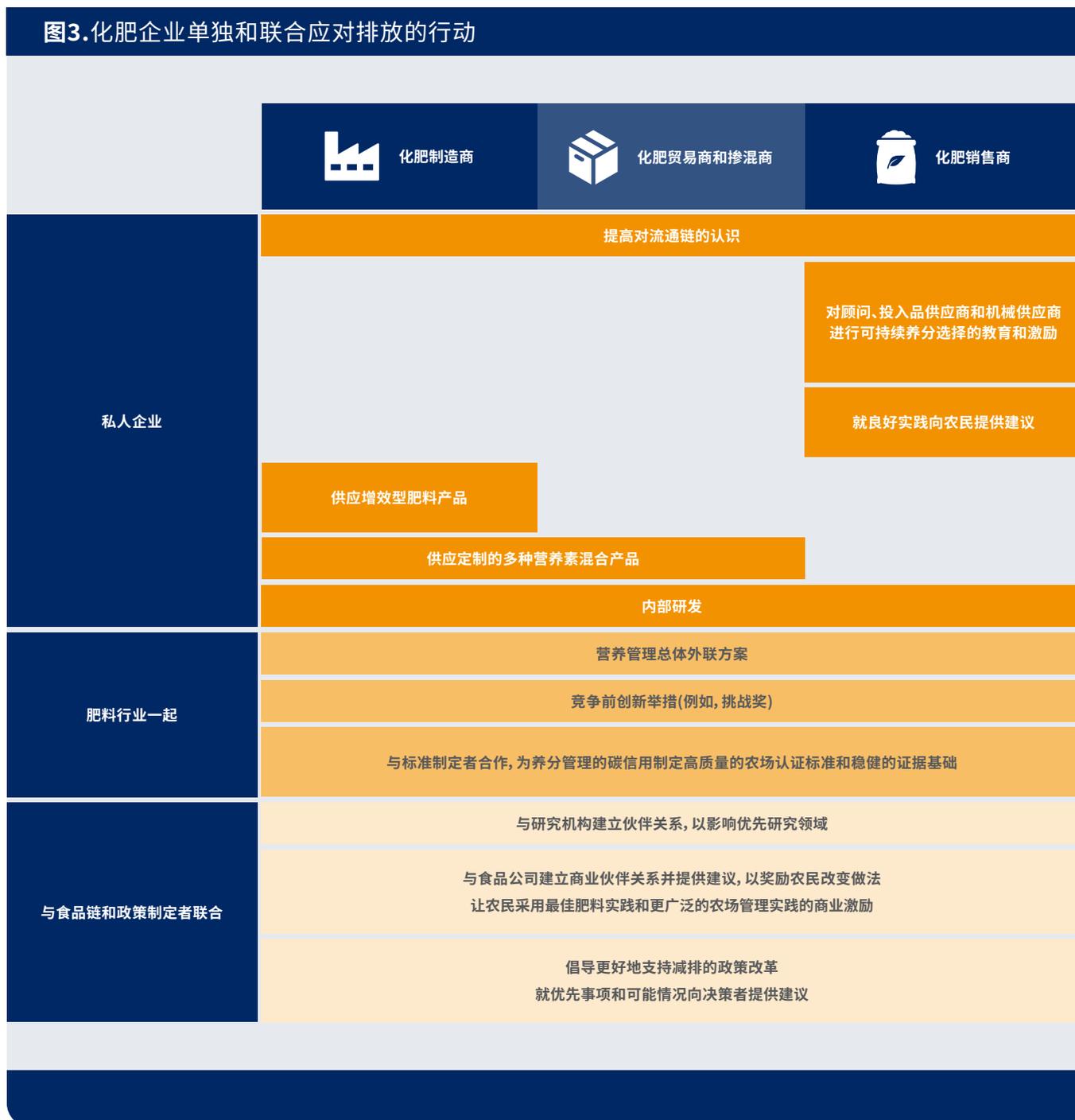
- iv. **参与养分管理集体推广项目:**没有一家肥料公司能够接触到实现排放目标所需的全部农户。肥料行业可以共同资助推广活动,以促进减排实践和土壤固碳。活动将针对每个地区,与现有的咨询机构合作,并通过创新的渠道开展。这将基于该行业现有的举措,如4R营养管理和欧盟氮专家组等。肥料行业内部的合作可以从澳大利亚Grains Research and Development Corporation等咨询机构以及扩展的管理塑料和其他废物的生产者责任计划中得到启发;
- v. **与标准制定者合作制定高质量的农场认证和衡量标准,以及用于养分管理的碳信用:**农场认证计划是农民为其产品释放更高价值的一种方式。此外,计量、报告和验证机构以及自愿碳市场组织为土壤固碳信用制定标准。肥料公司可以帮助这些标准制定

者为养分管理和肥料最佳实践制定稳健的标准和指标。这些行动可以支持该行业排放的市场透明度,发展碳农业,并确保高质量的碳信用;

**vi. 与减排相一致的支持政策,并就如如何激励和执行这些政策向政策制定者提供建议:**与减排相一致的支持政策,并就如如何激励和执行这些政策向政策制定者提供建议:

**vii. 沿着流通链建立减排关系和联盟:**化肥流通链是复杂的,有产品间的混合,肥料制造商、掺混商和零售商之间的交易。企业需要了解如何以及在何处利用产品来识别并报告价值链减缓行动。在还有差距的地方,化肥行业应致力于沿着流通和价值链加强关系,并建立联盟,以提高对如何使用化肥的理解;并且

图3.化肥企业单独和联合应对排放的行动



**viii. 与食品公司和零售商合作, 奖励农民改变做法:**无机氮肥的田间排放在食品公司和零售商的上游范围3清单内。食品企业可以通过制定采购标准或其他激励措施, 为农民创造应对排放的商业动机, 以促进积极的气候行动。执行这些措施可能具有挑战性, 但肥料公司可以就最佳施肥实践向农民提供建议, 并提供定制产品。化肥企业、食品企业、零售商和农户可以共同努力推广低碳食品, 帮助满足市场对此类产品日益增长的需求。

**23. 化肥行业应该反思这些建议, 并利用这些建议引导公司和行业目标。**接下来的步骤可能包括领先公司2022年11月在埃及举行的COP27联合国气候峰会上的承诺。在此之后, 由基于科学的目标倡议(SBTi)制定的即将通过的行业脱碳方法和范围3排放指南和目标设定将是另一个更大的步骤, 涵盖范围1、2和3排放。化肥行业应加紧实施变革, 并于2023年11月在阿联酋举行的COP28会议上提出第一个新结果。这些举措应得到政府行动的补充支持, 审查并关注粮食、农业和肥料补贴, 支持食品和农业行业的合作, 以解决排放问题。



## 术语列表

---

**4R养分管理**–养分管理的四个方面(养分源、施用率、施用时间和施用位置),为植物养分的高效与有效利用提供了科学的基础框架。

**农业、林业和土地使用(AFOLU)**–IPCC用于描述来自农业和LULUCF(土地使用、土地使用变化及林业)的人为温室气体排放的术语。

**二氧化碳当量(CO<sub>2</sub>e)**–一种二氧化碳当量,简称CO<sub>2</sub>e,是根据不同温室气体的全球增温潜势(GWP)来汇总和比较各种不同温室气体排放的一种衡量措施。每种气体的数量被转换为在一定时间内基于相同的全球变暖潜能的二氧化碳当量。例如,甲烷的GWP为25,氮氧化物的GWP为298。这意味着,在100年的时间范围内,排放100万吨甲烷和氮氧化物的全球变暖影响量分别相当于排放了2500万吨和2.98亿吨二氧化碳。

**二氧化碳清除(CDR)**–有时简称为“碳清除”,是指比如土壤固碳等可导致大气中CO<sub>2</sub>净清除的行动。

**控释肥料**–相较于“参考的水溶性”产品,其养分以可控制的速率释放的肥料产品。可控的养分释放速率是通过使用公认的物理机制,如涂层、封闭或其他类似手段来改变速效肥料养分形态来实现的。

**农场门**–与起源和结束都在农场内的过程和产出有关的。

**《温室气体议定书》**–建立全面的全球标准化框架,以衡量和管理来自私营和公共行业运营、价值链及减缓行动的温室气体排放。

**抑制剂**–脲酶抑制剂是一类抑制脲酶对尿素水解作用的化合物。这有助于减缓氨挥发,氨挥发是空气和水污染的潜在来源,也是氮氧化物的间接来源。

硝化抑制剂是指抑制能将铵态氮转化为亚硝态氮(亚硝化单胞菌属)和将亚硝态氮转化为硝态氮(硝化杆菌属)的细菌活力的一类化合物。这些化合物对反硝化作用和硝酸盐淋溶损失都有保护作用。

脲酶和硝化抑制剂随着时间的推移而分解。分解速率受温度的影响极大,这些产品通常在较低的土壤温度下能保持更长的有效时间,其有效期从二周到数周不等。

**监测、报告与核查(MRV)**–“MRV”实践,它整合了测量或监测(关于排放、减缓行动和支持的数据及信息)、报告(以清单和其他标准化格式编制信息)和核查(对报告的信息进行某种形式的审查或分析或独立评估)三个独立但相关的过程。

**中和**–企业从大气中移除碳并将其永久储存以抵消仍无法消除的排放影响的措施。

**氮素利用效率(NUE)**–NUE定义为收获时从给定区域移除的氮量与进入该区域的氮总量的比值。氮输入包括无机肥和有机肥、生物固氮和大气沉降。一个最佳的NUE(例如,在谷物系统中大约有70-80%)水平代表着高的作物生产力,最小的氮过量风险及随之而来的环境影响,且不消耗土壤氮资源。

**范围1、2、3排放**–根据《温室气体议定书》的定义,范围1排放来自于报告公司的直接排放,范围2是购买能源的间接排放,范围3是报告公司上下游活动和价值链中的间接排放。

**缓控释肥料**–相较于“参考的水溶性”产品,以更慢的速率释放(转换为植物可利用的形态)其养分的肥料产品。这可以通过生物活性和/或通过有限的溶解度和/或通过水解或其他公认的化学或生物化学手段来实现。

**层1,2,3(IPCC语境下)**–这些层数代表了方法复杂性的一个层级。层1是基本方法,层2居中,层3在复杂度和数据要求方面均最高。

- a. 人均每天可利用的热量从1961年的2196卡路里增加到2013年的2884卡路里,同时人口从30亿增加到70亿。

FAO. (2013). Food Balances (-2013, old methodology and population). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBSH>.

无机肥料的影响很难量化,但一些估算表明,目前全球有一半的人口是由无机肥料养活的,如果全球作物产量保持在1961年的水平,到2014年将需要另外13亿公顷的土地转化为耕地才能满足产量的增长。这些估计只考虑了粮食产量的吨数,而不是其营养含量,一些证据表明,在该估算期间,粮食的营养含量可能会有所下降。

Erismann, J. W., Sutton, M. A., Galloway, J., Klimont, Z. & Winiwarter, W. (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, 1:10, 636–639. In Ritchie, H. & Roser, M. (2013). Fertilizers. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/fertilizers>. Accessed 22 April 2022.

World Resources Institute. (2019). Creating a sustainable food future. 159–165. [https://research.wri.org/sites/default/files/2019-07/WRR\\_Food\\_Full\\_Report\\_0.pdf](https://research.wri.org/sites/default/files/2019-07/WRR_Food_Full_Report_0.pdf).

Ritchie, H. & Roser, M. (2013). Crop yields. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/crop-yields>.

Fan, M.-S., Zhao, F. J., Fairweather-Tait, S. J., Poulton, P. R., Dunham, S. J. & McGrath, S. P. (2008). Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22:4, 315–324. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2008.07.002>.

Shewry, P. R., Pellny, T. K. & Lovegrove, A. (2016). Is modern wheat bad for health? *Nature Plants*, 2:16097, 1–3. <https://doi.org/10.1038/NPLANTS.2016.97>.

- b. 这些是净值。总排放量更高:粮食和土地利用联盟估计,土地系统的清除量为242亿吨CO<sub>2</sub>e

Food and Land Use Coalition. (2021). Why Nature? Why Now? [www.foodandlandusecoalition.org/wp-content/uploads/2021/10/Why-Nature-PDF-FINAL\\_compressed.pdf](http://www.foodandlandusecoalition.org/wp-content/uploads/2021/10/Why-Nature-PDF-FINAL_compressed.pdf). Accessed 20 July 2022.

- c. 根据2015年《巴黎协定》,各国同意减少温室气体排放,以期“将全球平均气温的升幅控制在远低于工业化前水平的2°C,并努力将气温升幅控制在1.5°C”。

- d. 2021年5月25日,IFA董事会批准了一系列雄伟目标的一部分。

- e. 一旦信用在供应链之外售出,化肥部门就不能再将封存量计入范围3减排。

## 参考文献

1. FAO (2021). The share of food systems in total greenhouse gas emissions. Global, regional and country trends 1990–2019. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 31. Rome. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7514en/>.

2. The World Bank (2020). Total greenhouse gas emissions (kt of CO<sub>2</sub> equivalent). [https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE?most\\_recent\\_value\\_desc=true](https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE?most_recent_value_desc=true). Accessed 4 April 2022.

3. Einarsson, R., Sanz-Cobena, A., Aguilera, E., Billen, G., Garnier, J., van Grinsven, H. J. M., et al. (2021). Crop production and nitrogen use in European cropland and grassland 1961–2019. figshare. Collection. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.5320772.v1>.

International Fertilizer Association (IFA) (2020). Regional nutrient use efficiency trends and sustainable fertilizer management. [https://www.fertilizer.org/Public/Stewardship/Publication\\_Detail.aspx?SE-](https://www.fertilizer.org/Public/Stewardship/Publication_Detail.aspx?SE-)

[QN=5902&PUBKEY=411E35E2-570E-4532-823F-FB-5C519AFCD6](https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2008.07.002).

Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J. & Garnier, J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. *Environmental Research Letters*, 9:10, 105011. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/10/105011/meta>.

4. IPCC (2022). “Summary for Policymakers” in Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., Al Khourdajie, A., van Diemen, R., McCollum, D., Pathak, M., Some, S., Vyas, P., Fradera, R., Belkacemi, M., Hasija, A., Lisboa, G., Luz, S. & Malley, J. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001.

**减少来自肥料使用的排放**,对减少来自农业肥料使用的范围3排放以及通过土壤固碳支持从大气中去除碳的机会进行了分析审查。化肥行业正在寻求解决这些排放问题,在遵守《巴黎协定》1.5°C目标的同时,确保持续满足农民对肥料的需求,以确保能够供养全球不断增长的人口。

该文件是受国际肥料协会( IFA )委托、经9个IFA成员资助,由Systemiq公司出版。在与IFA和赞助公司密切磋商并得到他们的技术支持,并且与学术界和民间团体探讨后,最终由Systemiq公司编辑成册。

关于本报告的更多信息,请联系, [ifa@fertilizer.org](mailto:ifa@fertilizer.org)。

### 白金赞助商



Nutrien



Knowledge grows

### 黄金赞助商

