

# 迈向碳中和：探索中国食物和土地利用系统的减排潜力

2023年5月



The  
Food and Land Use  
Coalition

# 目录

致谢	1
执行摘要	2
1. 引言	3
2. 中国的食物和土地利用系统在实现碳中和目标中的作用	5
2.1. 理解中国食物和土地利用系统的排放	5
2.2. 解决中国食物和土地利用系统的温室气体排放问题	10
3. 中国的食物和土地利用政策格局与碳中和	13
3.1. 制度障碍	13
3.2. 政策障碍	14
4. 未来行动建议:采取系统性措施以减少中国食物和土地利用系统的排放	16
4.1. 针对中国政策制定者的行动建议	16
4.2. 针对研究人员的行动建议	17
4.3. 针对非政府组织的行动建议	17
附件一:中国食物和土地利用系统温室气体贡献估算值(对应正文图2)	18
参考文献	19

# 作者

## 丁宏宇

世界资源研究所

## Aline Mosnier

联合国可持续发展行动网络

## Clara Douzal

联合国可持续发展行动网络

## 柏兆海

中国科学院

## 赵海军

食物和土地利用联盟

## Seth Cook

食物和土地利用联盟

## 樊胜根

中国农业大学

# 致谢

食物和土地利用联盟（FOLU）感谢挪威的国际气候和森林倡议(NICFI)资助本出版物。本文作者向胡敏（中国创新绿色发展中心）、Patty Fong（全球食物未来联盟）、Dedy Mahardika（全球环境信息研究中心&科学碳目标倡议组织）、常锦峰（中国浙江大学）、Scarlett Benson（科学碳目标倡议组织）和Olaf Erenstein（食物和土地利用联盟）的评论致谢。自2020年10月以来，中国食物与土地利用联盟组织了多次专家研讨会，其中Guido Schmidt-Traub（Systemiq公司）、Jordan Poncet（联合国可持续发展行动网络）、高吉喜（中国生态环境部卫星环境应用中心主任）、李硕（绿色和平组织）、李琳（世界自然基金会）和Melissa Pinfield（美国蒙特利国际研究学院）等国内外业内专家为本研究提供了大量的意见和建议，使本文受益匪浅。我们也要感谢Fiona Hinchcliffe的优秀编编辑，以及Regency creative的精湛设计。本文仅代表作者个人观点，并不代表资助者或相关机构的观点。通常的免责声明适用。

---

**建议引用方式：** Helen Ding, Aline Mosnier, Clara Douzal, Zhaohai Bai, Haijun Zhao, Seth Cook and Shenggen Fan, 2023. Tapping the emissions reduction potential of China's food and land use systems to achieve carbon neutrality. The Food and Land Use Coalition, London.

---

# 执行摘要

中国目前实现2060年碳中和目标的长期脱碳路径主要集中在能源及其相关行业。由于缺少科学数据和整体政策框架，食物和土地利用系统的气候减缓潜力长期以来在很大程度上被忽视。通过回顾文献以及不同来源数据库可以发现，2005年至2015年，中国食物和土地利用系统的温室气体排放最大来源是农业生产（44%），其次是产后和消费环节（31%）。本文明确了以供需为导向的减排措施及其对食物和土地利用系统的协同效益，探讨了中国食物和土地利用的政策环境，并识别了一些影响碳中和实现的制度和政策障碍。中国需要针对各经济领域减排制定协调统一的政策，同时兼顾粮食安全、人体健康、环境保护、生物多样性和气候行动等多项目标，综合性解决食物和土地利用排放问题。以此为f目标采取行动，将有助于促进长期经济繁荣。为促进中国目前以部门为中心的f行动方式向整体、系统的方式过渡，本文提出了针对政策制定者、研究人员和非政府组织的具体行动建议。



联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）于2021年8月发布的特别报告提出了一系列新数据

（IPCC，2021），表明除非各国能在未来十年内统一行动，大幅减少温室气体排放，否则很可能在2030年至2050年初之间达到或超过《巴黎协定》设定的1.5°C温控目标（Levin等，2021）。然而，国家自主贡献（National Determined Contribution, NDC）中做出的首轮全球承诺不足以在2100年将全球变暖限制在1.5°C以内（Climate Watch，2021），而升温更有可能在2.5°C-3°C之间（Rogelj等，2018）。为实现1.5°C温控目标，各国需将预测的2030年温室气体排放量减少55%（UNEP，2021）。但2021年11月第26届联合国气候变化大会（COP26）之前各国修订的国家自主贡献承诺只能实现7.5%的减排需求，远远达不到全球温控目标。

全球农业和土地利用部门（通常被称为“农业、林业和其他土地利用”，AFOLU）在2007年至2016年间产生了100至120亿吨二氧化碳当量（GtCO<sub>2</sub>e）的排放，约占年度温室气体通量（净排放量）的25%（IPCC，2019）。其中农业相关的温室气体排放约占一半，另一半来自土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）（IPCC，2019）。如果将全部食物系统相关排放纳入，食物和土地利用系统则占全球温室气体排放的三分之一（IPCC，2019；Roe等，2019；Tubiello等，2021；另见文框1）。据估计，在农业、林业、湿地和生物能源领域进行土地利用转型并采取相应措施，可实现2050年全球减排目标的30%以上（每年150亿吨二氧化碳当量）（Roe等，2019）。具体而言，这些措施包括：（1）通过减少毁林和森林退化，改进农业生产措施，提倡素食，减少食物损失和浪费等措施来减少温室气体排放；（2）通过退化土壤修复，森林优化管理和农林复合系统推广，加强土壤固碳，以及部署生物质能源与碳捕捉和碳封存（BECCS）等措施固碳减排。

尽管食物和土地利用系统在温室气体排放中占比较大，且具有较大的固碳减排潜力，但目前并没有得到各国政策制定者的足够重视（FOLU 和 SDSN，2021）。很少有国家明确提出基于农业和土地利用的碳减排目标（Fyson 和 Jeffery, 2019），也没有完全开发森林在应对气候变化方面的潜力（WWF等，2020）。<sup>1</sup>

---

1 然而，由于森林成为格拉斯哥COP26的前沿和中心议题，因此这届大会可能成为一个转折点。COP26上发布的重要声明有《格拉斯哥森林和土地利用领导人宣言》，其中137个国家承诺到2030年共同阻止森林损失和土地退化（Masood and Tollefson, 2021）。此类与食物和土地利用系统相关的行动有助于实现碳中和目标，应被纳入国家自主贡献。

2021年10月28日，中国发布了修订后的国家自主贡献（UNFCCC，2021）。其目标是在2030年之前实现二氧化碳排放达峰，并在2060年之前实现碳中和。碳中和目标是中国政府的政治承诺，体现了在减缓气候变化方面的雄心。为了在2060年实现这一富有挑战性的目标，中国各领域的排放必须尽快达峰，否则中国的累积排放量将更高，会给2060年的碳中和目标带来巨大挑战（中国能源基金会，2020）。未来几年，中国必须根据各领域的具体研究成果，为包括食物和土地利用系统在内的所有经济领域确定明确的碳减排目标。在过去，食物和土地利用系统的减排潜力常被能源、交通、制造和建筑等重点排放行业所遮盖。因此，借助双碳行动这个特殊机会，中国可以采用整体性方法，将食物和土地利用系统纳入其脱碳路径。特此，本文将聚焦于中国国内的碳排放足迹，强调食物和土地利用系统在实现减缓气候变化中的潜力，并提出实现该潜力的具体行动建议。<sup>2</sup>

本研究使用了文献和各种开源数据库，并且采纳了众多学者在2020-2021年间参与全球食物和与土地利用联盟中国代表处（FOLU China）组织的专题研讨会所提出的专家意见。本文首先探讨了包括温室气体核算和减缓方式等在内的中国食物和土地利用系统在实现碳中和目标方面的作用，然后分析了与碳中和目标相关的食物和土地利用政策环境。结合研讨会参会者的分析和反馈，本文最后为政策制定者、研究人员和非政府组织等各利益相关方提出了具体的行动建议。

- 
2. 尽管贸易和国际气候足迹也很关键，但本文仅关注国内排放，以比较AFOLU与其他经济领域的排放。这是因为跨领域排放的情况复杂，需要另外进行有针对性的模型分析。另外需要关注的重点是，其他国家通过贸易形成的减排量不纳入中国或任何国家的碳中和目标。



## 2. 中国的食物和土地利用系统在实现碳中和目标中的作用

到2050年，包括中国在内的全球农业领域产生的剩余排放量 - 即采取减排措施后仍然无法完全避免的碳排放 - 可能在所有经济领域中排位最高（IPCC，2014；AGFEP等，2021）。最近一项研究表明，即使考虑到能源系统的低碳转型的不同情景，并充分计入碳捕获技术的潜力，中国每年仍有3亿吨至31亿吨的碳需要被海洋和森林等生态系统重新吸收封存（即通过增加碳汇实现固碳减排），以达到在2060年实现碳中和的目标（Yu等，2021）。为此，需要从全系统角度出发，在大幅减少各领域碳排放的同时增加食物和土地利用系统的自然碳汇（Roe等，2019）。

全球食物与土地利用联盟（FOLU）提出了食物系统（从生产到消费）需要进行的十个关键转型，以系统性地应对温室气体排放、生物多样性和自然栖息地丧失以及营养不良等重大全球性挑战（FOLU，2019）。食物系统转型对推动中国在2060年前实现碳中和，并实现粮食安全、环境健康、人类健康、生物多样性保护等关键目标，以及建立更能抵御气候变化等灾害的气候韧性食物系统都非常重要。

尽管如此，国内对食物和土地利用系统的边界还没有明确的定义。要解决中国食物和土地利用系统的温室气体排放问题，首先就要明确系统边界，确保系统内所有温室气体排放得以正确核算。本节根据IPCC的相关指南，提出了中国食物和土地利用系统边界的定义，以便于碳排放的核算。我们还探讨了通过解决食物损失、浪费和不可持续饮食结构等问题来减少与消费相关排放的潜力，以帮助中国更快实现食物和土地利用系统的排放达峰，助力实现碳中和。

### 2.1. 理解中国食物和土地利用系统的排放

“食物和土地利用系统”涵盖了“土地利用以及食物的生产、储存、包装、加工、交易、流通、销售、消费和废弃物处理等所有活动”（FOLU，2019）。因此，该系统的排放不仅包括与食物和非食物生产相关的AFOLU各领域温室气体的排放和封存，还包括与食物和农业生产、加工、包装、零售、运输和食物产品整个周期相关的能源、工业、运输和废弃物处理领域的温室气体排放（见图1和文框1）。

#### 文框1. 食物系统排放占全球人为温室气体排放的三分之一

在食物和土地利用系统的所有排放源中，农业、毁林和土地利用变化等AFOLU活动贡献最大，占全球食物系统总排放量的71%（Crippa等，2021）。绝大多数AFOLU排放与食物生产（农业）以及相关土地利用和土地利用变化（LULUC）有关。相比之下，非食物作物（即用于工业生产的作物，如生产服装用的棉花等作物）相关的排放量仅占AFOLU排放量的2%。

全球食物和土地利用系统180亿吨二氧化碳当量的排放中（约占全球温室气体排放总量的30%），约三分之一来自农业，三分之一来自LULUCF，三分之一来自食物系统包括食物生产阶段、投入品生产、流通、加工等阶段的能源使用过程中的气体排放（Crippa等，2021）。

虽然AFOLU<sup>3</sup>排放被完全纳入食物和土地利用系统，但是还没有被完全纳入到IPCC温室气体清单分类（IPCC，2006），因此过去的研究结果很难精确界定它们的排放、变化及系统的削减策略。根据IPCC温室气体清单指南，本研究包括以下（子）分类：

- **LULUCF**：土地利用、土地利用变化和林业的所有温室气体排放和固碳。
- **农业**：田间农业活动所造成的温室气体的排放和固碳。
- **能源**：主要指与食物生产-消费链条的能源消耗相关的温室气体排放，具体包括田间和农场运行的能源消耗，以及食物消费、包装、加工、零售和运输等过程中的能源消耗。生物能源替代化石能源形成的减排也属于这一类。
- **工业**：仅限于化肥生产用氨相关的温室气体排放。
- **废弃物处理**：仅限于食物垃圾填埋、处理和生活污水处理分解产生的温室气体排放。

使用IPCC指南制定温室气体排放清单的优点是能确保没有遗漏或重复计算温室气体排放，同时还便于跟其他国家直接进行比较。然而IPCC的排放清单将会把食物和土地利用系统相关的能源、工业和废弃物处理中所产生的排放与食物系统的碳排放割裂开来，难以揭示食物系统的温室气体排放规律。

当然除了在食物的生产、流通、加工、配送等领域采取减排措施，控制和减少食物需求可以直接带动食物生产系统的改变，从而降低在食物投入产出方面的相关排放。可以说，人类对食物的需求是食物和土地利用系统的温室气体排放的外部驱动力（图1），例如，向素食转型可能减少食物的碳足迹。

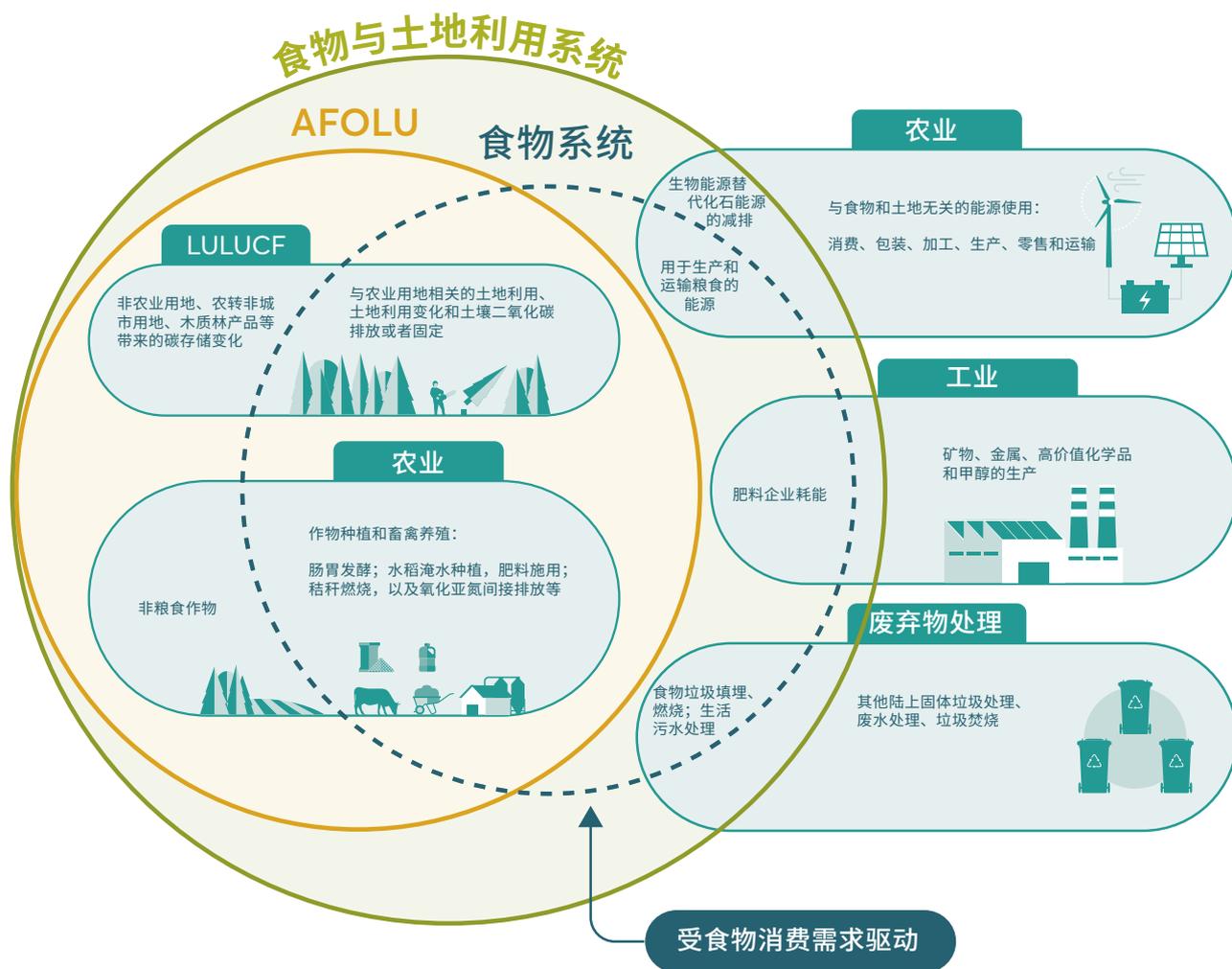
---

3 根据UNFCCC的分类，AFOLU领域排放由两部分组成：

(1)农业排放，即农业土壤和畜牧业排放的甲烷（CH<sub>4</sub>）和氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）（附录表），但不包括已计入田间能源消耗等报告分类的排放；

(2)与土地利用、土地利用变化和林业相关的二氧化碳排放和封存（LULUCF）。UNFCCC附件1和非附件1缔约方的LULUCF报告分类不同（附录表1）。中国是非附件1缔约方，但使用附件1分类向UNFCCC做温室气体历史排放报告。

图1. 定义食物与土地利用系统温室气体排放的系统边界



**注：** 不同圆圈的交集代表不同部门间温室气体排放重叠的部分：例如，黄色AFOLU圆圈和绿色食物系统圆圈的交集对应食物系统总核算中纳入的AFOLU的温室气体源。因此，现存森林系统的碳吸收量不包括在食物系统核算中（但包括在土地利用系统核算中，是LULUCF的一部分），因其通常与作物和牲畜养殖无关。食物和土地利用系统包括所有AFOLU的碳排放和封存，以及与能源、工业和垃圾处理等食物供应链活动相关的温室气体排放。图中 AFOLU代表农业、林业和其他土地用途；LULUCF代表土地利用、土地利用变化和森林

来源：作者，基于Crippa等（2021）和IPCC温室气体清单指南（IPCC，2006）

基于该核算方法和最新的联合国粮农组织数据（FAOSTAT，2022），FOLU在中国的合作伙伴估算了中国食物与土地利用系统的温室气体排放量。食物和土地利用系统排放分为六大类（图2）：

- 1) 农业生产过程的排放，如水稻生产、牲畜肠胃发酵、粪尿管理和施用、化肥施用导致的直接和间接的甲烷（ $\text{CH}_4$ ）排放以及氧化亚氮（ $\text{N}_2\text{O}$ ）排放，以及田间直接能源利用（如拖拉机和运输用柴油等）产生的二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）的排放；
- 2) 土地利用变化产生的二氧化碳排放；
- 3) 化肥生产等农业投入品生产导致的二氧化碳排放；
- 4) 食物包装、加工、运输和储存、消费以及食物批发和零售等过程能源消耗导致的二氧化碳排放；
- 5) 食物垃圾处理和生活污水处理等产生的二氧化碳排放；
- 6) 中国森林生态系统的二氧化碳净吸收量。

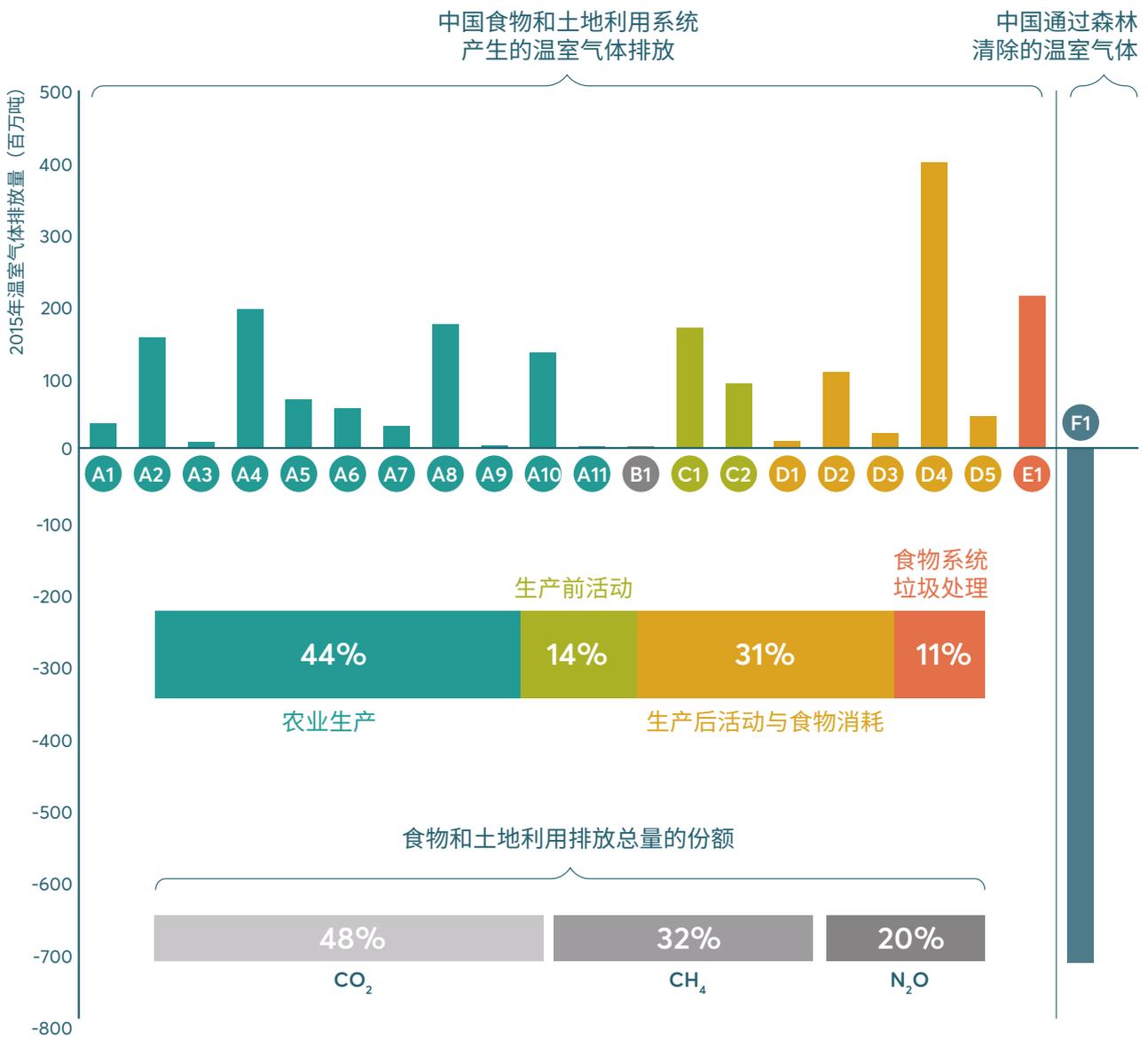
我们计算的结果显示，2005年至2015年间，中国食物和土地利用系统的温室气体净排放总量（去除森林碳汇储量）平均每年为11.64亿吨二氧化碳当量，约占中国总排放量的10%<sup>4</sup>。具体如图2所示，中国食物和土地利用系统的温室气体排放中，甲烷和氧化亚氮排放占52%，其余为能源消耗导致的二氧化碳排放。其中，甲烷主要来自水稻生产和反刍动物的肠胃发酵，而氧化亚氮排放来自于化肥施用。农业生产过程的温室气体排放对总排放量的贡献最大，达到44%。食物包装、加工、配送和消费导致的温室气体排放是第二大排放源，占总量的31%；其余为农业产前活动导致的排放，约为14%。如果从单一排放源考虑，食物消耗是最大的排放源，食物垃圾处理、动物肠胃道发酵、化肥施用、化肥生产和水稻种植紧随其后（FAOSTAT，2022）。中国过去20年造林努力而带来的森林生态系统的碳吸收（或森林碳汇）在中和食物和土地利用系统温室气体排放方面发挥了重要作用。如果没有森林碳汇，食物和土地利用系统的年总排放量将达到18.75亿吨二氧化碳当量，占中国温室气体总排放量的17%。

---

4 2015年，中国（包括LULUCF）的温室气体净排放总量估计为111.1亿吨二氧化碳当量(<https://www.climatewatchdata.org/>)。



图2. 2015年中国食物和土地利用系统温室气体排放估算



子类别

A1 秸秆还田	A8 化肥施用	D1 食品加工
A2 水稻种植	A9 排水良好的有机土壤	D2 食品包装
A3 秸秆焚烧	A10 田间能源使用	D3 食品零售
A4 肠胃发酵	A11 草原火宅	D4 家庭食品消费
A5 粪尿管理	B1 土地利用变化	D5 食品运输
A6 放牧过程粪尿还田	C1 化肥生产	E1 食品垃圾处理
A7 有机肥还田	C2 田间用电	F1 森林碳汇 (刨除森林失火碳排放)

来源: FAOSTAT, 2022 (具体排放数据见附件1)

## 2.2. 解决中国食物和土地利用系统的温室气体排放问题

通过对不同子类别的分类和核算，从而更好地了解中国食物和土地利用系统的温室气体排放是减排的重要基础。即使将植树造林所产生的碳汇加入计算，食物和土地利用系统的剩余净排放量仍然很大。这表明中国必须加大食物和土地利用系统温室气体减排的力度，同时继续探索扩大碳汇储备能力的方案，以平衡或中和剩余的净排放量。目前可用的减缓办法包括：

- **减少温室气体排放。**中国可以扩大投资新技术和措施，大幅减少农业生产、食物供需价值链以及农业能源使用中所排放的温室气体。
- **增加碳吸收（或碳汇储备）。**中国可以继续探索增加森林、农田和牧场碳汇的解决方案，以中和农业的剩余净排放。尽管明确的政策目标是到2030年将林地储量增加60亿立方米（UNFCCC，2021），但通过扩大林地面积来增加碳汇会受到土地适宜性和其他竞争性土地使用（如食物生产和城市扩张）等因素的限制。因此，需要研究如何通过免耕/少耕、农林复合系统、林牧复合系统、轮牧等气候智能型农业实践来增加农田和牧场土壤碳含量的潜力。

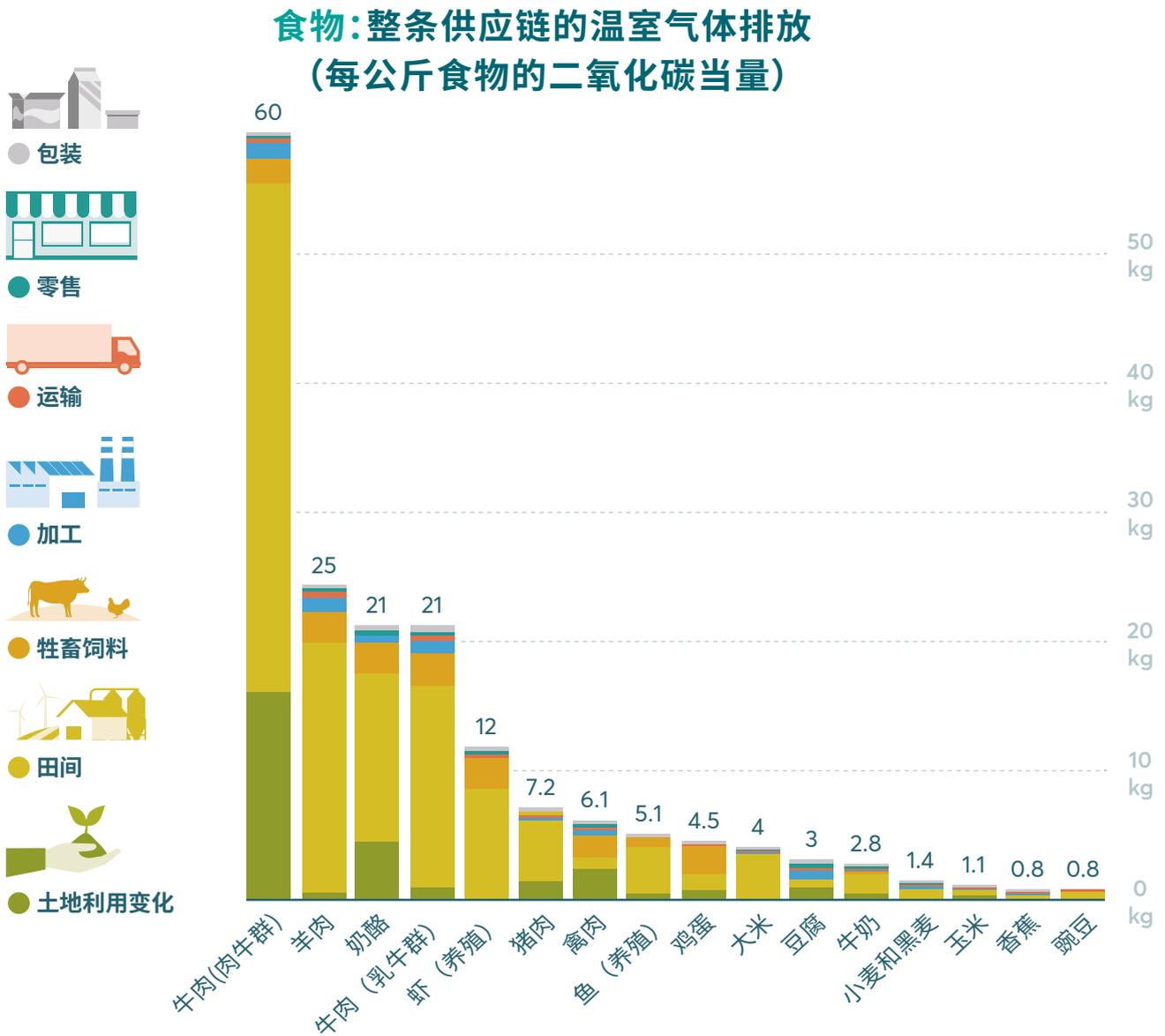
减少温室气体排放，同时增加食物和土地利用系统的碳汇储备，对于中国实现碳中和目标至关重要。但这些与食物供应相关的措施减排潜力十分有限，需要以控制食物需求为导向的减排举措作为补充。食物需求的数量和质量是食物和土地利用系统温室气体排放的关键驱动因素。因此调整饮食结构，解决浪费和过度食物消耗对中国的碳中和目标至关重要。这主要包括减少食物损失和浪费以及控制不健康饮食两大方面的措施。

每年，全球范围内的食物损失和浪费可产生44亿吨二氧化碳当量，约占人为温室气体排放总量的8%（EC，JRC/PBL，2012）。这意味着食物垃圾处理对全球变暖的影响几乎与全球道路运输排放的贡献相当（占这些排放的87%；IPCC，2014）。在中国，食物损失和浪费正成为可持续发展的主要挑战。最近一项研究发现，中国每年生产的供人类直接食用的食物中有27%（3.49±0.04亿吨）被丢弃或浪费；其中45%的损失产生于粮食收获后的处理和储存，另外13%的浪费来自于户外就餐活动（Xue等，2021）。与此同时，受土地退化的影响，中国的可耕地面积正在大量减少，目前约40%的土壤已经中度或严重退化（Patton，2014）。这意味着中国必须通过解决食物损失和浪费问题作为提高食品安全的主要手段，同时通过控制农业扩张来减轻对自然的压力（CCICED，2021）。近年来，中国政府已经将农业生产和粮食安全作为首要任务，在加强耕地生产效率的同时，必须实施侧重于减少浪费和提高食物利用效率的农业政策，以抑制温室气体排放的增长（Hawkins等，2017）。

在过去的几十年里，中国的饮食模式发生了巨大的变化，其中动物性食物、精制谷物、高度加工、高糖、高脂肪的食物消费量增加。例如，自1971年以来，中国人均猪肉消费量翻了四倍，牛肉消费量增长了五倍（He等，2018），进而加剧了相应的环境和健康问题。

首先，动物性饮食与温室气体排放增加有关（图3）。在中国，农业部门的甲烷和氧化亚氮排放量在1996年至2010年间增加了24%（Li等，2015）；从1961年到2003年，水足迹增加了三倍（Liu等，2008）；农业用地在1961年至2014年间增加了50%（FAOSTAT，2015）。预计2020年至2050年期间，中国对畜牧产品需求的增长将额外需要300万至1200万公顷草场，致使农业温室气体排放增长在-2%至+16%区间波动（Zhao等，2021）。

图3. 全球食物供应链的温室气体排放



来源：Poore and Nemecek (2018)

其次，饮食习惯改变会加剧营养和健康问题，尤其是超重和肥胖等问题。最近的全国调查数据显示，超过一半的中国成年人超重或肥胖，且肥胖率可能会继续上升（Pan等，2021）。相反，增加植物性食物摄入量可降低糖尿病风险。最近一项研究调查了河南农村地区的37985名参与者，发现增加植物性食物并减少动物性食物摄入可将2型糖尿病风险降低4%（Yang等，2021）。另一项研究表明，用大豆代替红肉，每年可以避免5.7万与PM2.5有关的过早死亡病例；采用《中国膳食指南》（CDG）和“EAT-Lancet”饮食方案甚至每年能防止100多万与PM2.5相关的过早死亡病例（Guo等，2022）。

显然，减少以动物为基础的食物消费总量并采用健康饮食模式，可能会在中国产生重要的环境与健康联动效益。但专家们也指出要权衡饮食转变的潜在问题，例如，用大豆代替红肉可能会增加用水和温室气体排放（Guo等，2022）。因此，整体全面地管理食物和土地利用系统，有助于提高健康与环境联动效益。

# 3. 中国的食物和土地利用政策格局与碳中和

自宣布2060年碳中和目标以来，中国各部委已开始探索各自领域的脱碳途径。截至2021年4月，国家能源局、住房和城乡建设部、生态环境部发布了若干文件和指导方针，详细规划了能源、住房和建设、交通、金融等部门应如何将碳中和目标纳入发展进程。然而，相对上述领域的减排工作，中国决策层目前对食物和土地利用系统减排的重视不够。

上述现象的原因，部分是问题本身较复杂且缺乏科学数据支持，部分与食物和土地利用相关的温室气体排放通常仅被归因为农业活动有关。虽然中国农业农村部已开始制定中国首个行动计划（2021年初），以指导农业部门实现碳中和（中国农业农村部，2021），但目前还没有系统方法来评估整个食物和土地利用系统的温室气体排放。虽然目前食物、农业和碳中和等议题已经被广泛讨论，但还没有制定详细的行动计划，有效实施减排工作。造成目前状况的根本原因在于体制层面的制度阻碍，以及参与食物生产、分配和消费管理的不同部门间缺乏统一的政策指导。

## 3.1. 制度障碍

中国缺乏执行机构来负责牵头和协调农业部门以及更广泛的整个食物和土地利用系统的减排工作。尽管在农业、气候变化和碳中和方面有多部门协调机制，但过去农业部门的温室气体减排曾被大大忽视。为弥补这一差距，2021年9月29日，中国农业科学院成立了农业农村碳达峰碳中和研究中心。由24个团队组成的新研究中心将探索种植和养殖技术、土壤碳汇、可再生能源等方面的温室气体减排和清除潜力，开展富有战略性、前瞻性、系统性和创新性的研究，同时促进国内和国际合作（CAAS，2021）。这将有望扩大食物和土地利用系统内的农业与其他领域的部门间合作。

然而，中国目前缺乏系统概念，不能把食物和土地利用系统作为管理食物生产、分配和消费的治理体系的一部分来系统对待。例如，农业农村部管理所有与农业用地和农民福利有关的问题，但不涉及食物消费或饮食结构。因此，粮食安全和生产比食物消费受到更多关注。另一方面，由于生态环境部缺乏对农业和食物管理的专业性，直接导致其在2018年至2021年间全权负责处理与食物和土地利用系统相关的环境和气候影响时，这些问题并没有得到妥善的处理（文框2）。填补上述制度空白的潜在长期方案是像英国的环境、食物和农村事务部一样，扩大农业农村部对食物和饮食结构等问题的职权范围，这样中国就能制定更全面的政策和计划，解决食物生产、分配、消费等环节产生的温室气体减排问题。实现这一目标的第一步是，由农业农村部和国家市场监督管理总局共同合作，制定协调一致的食物供应和市场发展脱碳路线图。

为实现雄心勃勃的碳中和目标，国家发展和改革委员会（简称国家发改委）作为中国最有实权的管理机构于2021年初收回了其对气候政策的监管权（文框2）。然而，由于该机构还同时负责能源和产业政策（Bloomberg News，2021），导致其制度上偏重能源和工业，相对忽略农业农村部 and 食物和土地利用系统。因此，虽然国内许多研究机构已开始将研究重点转向碳中和战略并发表大量研究报告，但大部分工作都集中在能源、工业和环境（如空气和水污染控制、生态等）方面。食物和土地利用系统的碳中和途径仍有待开发。

## 文框2. 国家发改委和生态环境部职责的变化

国家发改委一直是负责监督中国气候政策的主要机构。自2018年起，政府才将气候变化部门和相关职责转移到现生态环境部，但后者在执行政策的力度上远不及发改委。

自从习近平主席宣布碳中和目标后，气候变化部分相关职能重新由发改委承担。主要因为发改委负责制定批准电力项目和决定补贴等能源和产业政策，比生态环境部更能引导实现2060年碳中和目标所需的产业结构变革。根据新的安排，发改委将牵头制定总体减排计划，以及清理电力和金属生产等碳密集型行业的路线图。与此同时，生态环境部将监督碳市场、排放报告和国际合作。

此外，目前有关中国食物系统转型的研究主要集中在粮食安全方面。尽管中国成功在2020年之前将营养不良人口总数减少到2.5%以下（FAO，2021），但贫困人口面临的饥饿威胁并未完全解决（Si 和 Scott, 2019）。因此，更好的理解粮食安全与食物和土地利用系统的碳中和这两个政策目标之间的协同与权衡，对拟推进的中国食物系统转型极其重要。这就要求相关研究机构打破藩篱和制度障碍，促进多学科合作，从而激发研究创新，影响地方政策实施。

最后一个制度问题是缺乏自下而上的机制来有效吸引私营部门，特别是食物价值链上的中小企业参与减排工作。迄今为止，中国很少有企业参与，并在碳中和方面做出切实承诺和行动。这在某种程度上是因为，中国政府自上而下的措施中还没有将可在减少温室气体排放方面共同发挥重要作用的小型农业和食物企业包括在内。上述企业在独立投资气候和可持续发展战略方面的能力非常有限，因此政府对它们的优惠政策和财政支持至关重要。这不仅有助于促进它们参与可持续转型，还能加速其内部创新，大幅减少排放，提高利润率。

### 3.2. 政策障碍

如果不能制定整体方案，中国农业政策将无法充分解决整个食物和土地利用系统的温室气体排放问题。中国农业政策主要关注农业生产、食品质量和安全，其主导方面一直是食物和土地利用系统的供给侧问题。供给侧的温室气体减排可以通过提高粮食生产效率，或减少影响食物质量的化学品投入等措施来实现。然而，在食物消费方面，中国缺乏有效治理和连贯政策，来解决由食物损失和浪费以及不健康的饮食模式而导致的农业生产扩张和集约化，若管理不当可能会阻碍碳中和目标。尽管食物消费管理方面，新《反食品浪费法》刚生效，新《国家食物与营养发展计划纲要》也正在制定，但它们的主要目标并不是实现碳中和。目前的气候政策尚未充分考虑到饮食结构变化，以及减少家庭、酒店和餐馆的食物浪费在温室气体减排方面的潜力。因此当前中国研究人员的首要任务是加快需求侧政策研究，以更系统的方式解决粮食安全、食物的损失和浪费、健康饮食结构以及碳中和的问题。

其次，中国缺乏具体政策和国家计划来解决食物和土地利用系统中的非二氧化碳温室气体排放。中国农业生产的大部分温室气体排放包括甲烷（来自牲畜和水稻生产）和氧化亚氮（来自集约使用氮肥提高作物生产力、集中喂养以促进牲畜繁殖）（FAOSTAT，2022年）。在2012年，尽管种植业和畜牧业仅占中国温室气体排放总量的7.9%，但却占非二氧化碳排放总量的50%以上（MEE，2020）。中国政府有意加强对非二氧化碳排放的控制，其首要措施是在2029年（即发展中国家减少或消除氢氟碳化物的最后期限）之前逐步清除氢氟碳化物的使用（Eco.gov.，2021）。氢氟碳化物是超级温室气体，用于制冷、空调、泡沫吹制、气溶胶、消防和溶剂。加强对氢氟碳化物的政策控制，将直接影响收获后储存、食物流通和零售等许多涉及食物供应的部门。

第三，将食物和土地利用系统方案作为当前气候政策体系的切入点。中国采用了“1+N”气候政策体系（Carbon Brief, 2021），其中“1”指所有部门的总体规划，“N”指能源、制造、建筑等具体部门规划。2022年，农业部发布了“农业农村减排固碳实施方案”，作为“N”中之一，可为制定食物和土地利用系统的整体减排气候政策提供新的契机。

最后，不断变化的国际贸易关系和农产品政策将直接影响中国国内食物生产和相关温室气体排放。中国食物需求预计将在未来几十年保持增长，同时更依赖食物和饲料进口（OECD，2019）。然而，在最近中美贸易战期间的贸易中断以及自2020—2021年新冠疫情以来中国对进口软商品的新政策（OECD，2021），增加了中国国内食物生产的压力，并可能导致饲料的主要原料大豆在国内的扩大生产。而农业生产扩张在另一方面，受到可支配土地使用的限制。特别地，中国在COP26上提交给《联合国气候变化框架公约》的最新国家自主贡献中，明确提出了增加林地储量的目标，直接从根本上限制了林转农来满足农业扩张的可能性（UNFCCC，2021）。中国必须通过农业生产集约化，如提高目前农业生产系统中肥料以及其他生产要素的使用效率和提高相关温室气体的减排力度，来实现总生产收益。

因此，中国研究人员在调整和提出方案以满足中国当前和未来的食物需求时，必须优先考虑低碳解决方案（如向可再生能源过渡、提高投入使用效率和减少化肥投入等），并探索可增加农业碳汇的替代方案实现固碳减排，促进碳中和的实现。再生农业实践，如农林复合系统、林牧复合系统、免耕、作物多样化和轮牧等，如果实施得当，可以帮助恢复土壤健康，增加土壤碳汇，保护田间生物多样性，但目前其重要性尚未引起足够重视（GAFF，2021）。



# 4. 未来行动建议： 采取系统性措施以减少中国 食物和土地利用系统的排放

本文探讨了中国食物和土地利用系统在实现碳中和目标中的作用，要求我们更好地了解温室气体排放的相关来源，并确定供给和需求两端的气候减缓措施和相关协同效益。本文还探讨了中国的食物和土地利用政策格局，以及目前限制食物和土地利用系统实现碳中和目标的一些制度和政策障碍。但要系统解决该系统的温室气体排放问题，在研究和政策领域仍有很多工作要做。重中之重是提供强有力的科学数据，证明食物和土地利用系统的整体性方法在解决气候减缓需求方面的潜力。进一步加强该领域的研究可以帮助中国中央和地方政府制定明智策略，加快在中国实行食物和土地利用一体化方案，从而减少农业排放并通过碳汇抵消其他部门的碳排放。

为协助和促进当前以农业为主的减排方案向整体性食物和土地利用系统减排方案过渡，我们在上述分析和相关研讨的基础上，为中国决策者、研究人员和非政府组织在内的各利益攸关方提出以下具体的行动建议。总体而言，这些建议将有助于为私营、公共部门等所有利益攸关方创造有利环境，在系统层面实现减排目标。

## 4.1. 针对中国政策制定者的行动建议

中国的气候政策历来由专注于经济发展的发改委和以改善环境为己任的生态环境部主导（文框2）。尽管这两个部门在决策过程中可能会协商，但在为各部委制定气候战略和政策行动计划时，往往缺乏明确的政府内部合作和协调统一的政策指导。在这个问题上，除中国以外，大多数国家都在面临相同的挑战，其中印度尼西亚、马来西亚和泰国等东南亚国家尤为严重。另外，生态环境部和发改委作为主要的机构参与者，可能面临潜在的利益冲突，从而影响气候政策和战略。

因此，中国政策制定机构的工作重点需要关注以下几个方面：

- 确保不同部门的政策目标协调一致。
- 提高不同政府部门之间的合作，例如，农业农村部和国家市场监督管理总局可以协同合作，为食物供应和市场发展制定协调一致的脱碳路线图。
- 制定碳中和相关政策的同时，确保不会忽略其他，如粮食安全、营养、人类健康、土壤健康、水的质量和可用性、农村生计等同样重要的政策目标。这就需要系统考虑所有可能的解决方案及其影响，包括权衡不同部门内部和之间的潜在问题。
- 确定不同部委间的共同目标，并深度分析如碳中和、粮食安全、解决土壤退化、减少土壤和水污染、限制灌溉用水、改善田间生物多样性、建设田间气候适应性等不同农业政策目标间的协同作用和平衡。
- 采用整体方案，如参考全球农业和土地利用联盟提倡的十个关键转变（FOLU, 2019），来系统地解决整个食物和土地利用系统中的温室气体排放，以及可持续食物系统各方面的转变。

- 在农业和林业部门推广基于自然的解决方案（例如农林复合系统和其他再生农业措施）。作为增加碳汇最经济有效的方法，基于自然的解决方案对于碳中和至关重要，因为它们可以中和或抵消农业部门、能源部门和其他行业的排放，以及其他非点源污染。
- 在地方各级制定实现碳达峰和碳中和的途径，并找出能调和不同部门和区域之间利益关系的备选方案。

## 4.2. 针对研究人员的行动建议

中国目前在量化食物和土地利用系统总减排潜力的研究方面还比较薄弱，已发表的相关文献和数据并不充分。此外，食物和土地利用系统中的碳排放和固碳减排往往涉及复杂的生态过程，通过数学模型来精准地分析生态系统的碳汇储备能力，要远远难于对能源领域以及碳捕获和封存技术减排能力的分析。因此，中国政府和研究机构必须增加对食物和土地利用系统温室气体排放研究的投入，探索不同系统的减缓潜力，并以系统的方式推进。同时应促进知识交流和国际合作，向在农业温室气体排放研究方面的先进国家学习。

目前的研究需要在以下方面加大力度：

- 改进研究方法，更好地对AFOLU部门的温室气体排放和碳汇进行清算，探索农业部门减排的最佳选择，并分析食物和土地利用系统可实现碳达峰的时间点。
- 分析基于价值链为农业和食物部门制定脱碳路径，并估算拟推进的食物系统转型的相关成本。
- 解决食物需求侧排放驱动因素，研究中国公民的低碳健康饮食选择。
- 加强研究食物系统未来低碳转型对社会公平的影响。为减少温室气体排放而改变农业和食物政策，可能对不同收入阶层、不同性别人群、不同农村和城市地区产生不平等影响。因此，在政策执行前，必须慎重研究分析其潜在的社会经济影响。
- 加强研究国际软性商品贸易政策变化对中国国内土地利用，以及食物和土地利用系统相关排放的影响。

## 4.3. 针对非政府组织的行动建议

在中国，非政府组织可以积极投身于宣传工作，促进全民参与，为推进食物和土地利用的政策实施与食物和土地利用系统转型，实现碳中和目标而贡献力量。

特别地，非政府组织可以：

- 协助并积极推动如反对浪费食物的“光盘”行动等相关的政府宣传活动。
- 促进如农林复合系统、再生农业方案等基于自然的解决方案<sup>5</sup>在农业和林业领域的推广，充分强调实现碳中和的同时，必须兼顾农村生计、土壤健康、人类健康和营养、生物多样性保护等政策目标。
- 促进研究机构之间对话，组织并推广跨部门，跨学科的气候研究合作。
- 协助研究机构加大科普力度，实现研究成果的全民普及，以提高公众意识。
- 促进国际间合作交流，将全球农业和食物系统的温室气体减排提上决策议程。
- 开展行动扩大消费者参与和帮助农民为低碳农业的发展提高知识储备。

---

5 农业中基于自然的解决方案旨在改善受农业和土地退化影响的环境及景观的生态系统功能，同时提高居民福祉和其他社会文化功能（Miralles-Wilhelm, 2021）。

# 附件一：中国食物和土地利用系统温室气体贡献估算值

## (对应正文图2)

排放/清除	活动	子类别	2015年排放量(千吨)
中国食物和土地利用系统产生的温室气体排放	农业生产	作物残余物	33,261.0
		水稻种植	152,668.1
		焚烧—作物残余物	6,860.8
		肠道发酵	191,551.9
		肥料管理	65,906.8
		牧场遗留粪肥	54,272.8
		施用于土壤的肥料	28,766.4
		人工化肥	170,763.1
		排水有机土壤	2,248.7
		田间能源使用	131,113.3
		草原火灾	251.2
		土地用途变化	土地利用流转
	生产前活动	化肥生产	166,749.5
		田间用电	88,799.6
	生产后活动和消耗	食品加工	8,547.8
		食物包装	103,896.0
		食物零售	19,525.8
		家庭食物消耗	397,275.0
		食物运输	43,166.9
	垃圾处理	食物系统垃圾处理	210,203.0
中国通过森林清除的温室气体	森林	森林碳汇 (去除林地火灾碳排放)	-711,273.9

来源：联合国粮农组织统计数据库，2022

## 参考文献

---

AGFEP et al. (2021) China and Global Food Policy Report – Rethinking agrifood systems for the post-COVID world. China Agricultural University. <https://www.ifpri.org/publication/2021-china-and-global-food-policy-report-rethinking-agrifood-systems-post-covid-world>

Bloomberg News (2021) “China puts most powerful agency in charge of climate policies”. Bloomberg News, 6 July 2021. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-07-06/china-puts-most-powerful-agency-in-charge-of-climate-policies> (accessed on 25 Nov 2021)

CAAS (2021) The launch of the carbon peak and neutrality research institute. <https://www.caas.cn/xwzx/mtbd/314974.html> (accessed on 25 Nov 2021)

Carbon Brief (2021) “‘1+N’; Xi’s energy instruction; Climate ‘white paper’”. Carbon Brief, 28 October 2021. <https://www.carbonbrief.org/china-briefing-28-october-2021-1n-xis-energy-instruction-climate-white-paper> (accessed on 30 Nov 2021)

CCICED SPS (2021) Global Green Value Chains: China's Opportunities, Challenges and Paths in the Current Economic Context. <https://cciced.eco/wp-content/uploads/2021/09/4-2-Global-Green-Value-Chains-1.pdf>

Climate Watch (2021) “Overview”. Webpage. <https://www.climatewatchdata.org/ndc-overview> (accessed on 30 November 2021)

Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D. et al. (2021) “Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions”. Nature Food 2, 198–209 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>

EC, JRC/PBL (2012) Emission Database for Global Atmospheric Research, version 4.2. <https://data.jrc.ec.europa.eu/collection/edgar> (accessed on 17 Jan 2022)

Eco.gov.cn (2021) “How will China regulate non-CO2 GHG emissions?” Online article. [http://www.eco.gov.cn/index.php/news\\_info/44312.html](http://www.eco.gov.cn/index.php/news_info/44312.html) (accessed on 30 Nov 2021)

Energy Foundation China (2020). Synthesis Report 2020 on China’s Carbon Neutrality: China’s New Growth Pathway: from the 14th Five Year Plan to Carbon Neutrality. Energy Foundation China, Beijing. <https://www.efchina.org/Reports-en/report-lceg-20201210-en>.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EL>

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022). <http://www.fao.org/faostat/en/>

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO (2021) The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4474en> (accessed on 30 Nov 2021)

FOLU (2019) Growing Better Report 2019. Food and Land Use Coalition. <https://www.foodandlandusecoalition.org/global-report/>

FOLU and SDSN (2021) From Global Commitments to National Action: A Closer Look at Nationally Determined Contributions from a Food and Land Perspective. Food and Land Use Coalition and UN Sustainable Development Solutions Network. <https://www.foodandlandusecoalition.org/wp-content/uploads/2021/11/From-COP-to-national-action-Assessing-the-NDCs-from-a-food-land-perspective.pdf>

Fyson, C.L. and M.L. Jeffery (2019) "Ambiguity in the land use component of mitigation contributions toward the Paris Agreement goals". *Earth's Future*, 7 (8): 873-891. <https://doi.org/10.1029/2019EF001190>

GAFF (2021). The Politics of Knowledge: Will we act on the evidence for agroecology, regenerative approaches, and indigenous foodways? Global Alliance for the Future of Food. <https://story.futureoffood.org/the-politics-of-knowledge/>

Guo, Y., et al., (2022). "Environmental and human health trade-offs in potential Chinese dietary shifts". *One Earth* 5, 268-282.

Hawkins J. et al. (2017). "China 's changing diet and its impacts on greenhouse gas emissions: an index decomposition analysis". *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 62 (1) 45-64

He, P. et al. 2018. The environmental impacts of rapidly changing diets and their nutritional quality in China. *Nature Sustainability* 1, 122–127

IPCC (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, ISBN 4-88788-032-4

IPCC (2014) "Transportation". Chapter 8 in Fifth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>

IPCC (2019) Special Report on Climate Change and Land. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. <https://www.ipcc.ch/srccl>

IPCC (2021) "Summary for policymakers". In: Masson-Delmotte, V. et al. (eds). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i>

Levin, K., D. Waskow and R. Gerholdt. (2021). "5 big findings from the IPCC's 2021 Climate Report". WRI Insights, August 9, 2021. World Resources Institute, Washington DC. <https://www.wri.org/insights/ipcc-climate-report>.

Li, H. et al. (2015) The greenhouse gas footprint of China's food system: an analysis of recent trends and future scenarios. *J. Ind. Ecol.* 20, 803–817

Liu, J. and Savenije, H. H. (2008) Food consumption patterns their effect on water requirement in China. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 12, 887–898 .

MARA (2021) Meeting minutes: the Department of Science and Education coordinated the research on carbon peaking and neutrality in agricultural and rural sectors. <http://www.kjs.moa.gov.cn/hbny/202104/P020210414521382849721.pdf>

Masood, E. and J. Tollefson (2021) “COP26 climate pledges: What scientists think so far”. *Nature News*, 05 November 2021. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03034-z>

MEE (2020) The People’s Republic of China First Biennial Update Report on Climate Change. Ministry of Ecology and Environment, updated on UNFCCC website [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/3\\_China\\_FSV\\_Presentation.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/3_China_FSV_Presentation.pdf) (Accessed on 17 Jan 2021)

Miralles-Wilhelm, F. 2021. Nature-based solutions in agriculture – Sustainable management and conservation of land, water, and biodiversity. Virginia. FAO and The Nature Conservancy.

OECD (2019) OECD-FAO Agricultural Outlook 2019–2028. OECD Publishing, Paris. [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2019-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en).

OECD (2021) . Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2021: Addressing the Challenges Facing Food Systems. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/2d810e01-en>

Pan, X., Wang, L. and A. Pan (2021) “Epidemiology and determinants of obesity in China”, *Series: Obesity In China* 9(6) : 373-392. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(21\)00045-0](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(21)00045-0)

Patton, D. (2014) . “More than 40 percent of China’s arable land degraded: Xinhua.” *Reuters*, online article, 04 November 2014. <https://www.reuters.com/article/us-china-soil-idUSKBN0IOOY720141104>

Poore, J. and Nemecek, T. (2018) “Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers”. *Science* 360 (6392): 987-992. [www.science.org/doi/10.1126/science.aag0216](http://www.science.org/doi/10.1126/science.aag0216)

Roe, S., Streck, C., Obersteiner, M. et al. (2019) “Contribution of the land sector to a 1.5 °C world”. *Nat. Clim. Chang.* 9, 817–828. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0591-9>

Rogelj, J. et al. (2018) “Chapter 2”, in Masson-Delmonte, V. et al. (eds) *Special Report on Global Warming of 1.5 °C*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Si, Z. and S. Scott (2019) “China’s changing food system: top-down and bottom-up forces in food system transformations”. *Canadian Journal of Development Studies* 40-2019. <https://doi.org/10.1080/02255189.2019.1574005>

Tubiello, F.N. et al. (2021) “Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base”. *Environ. Res. Lett.* 16 065007

UNEP (2021) Emissions Gap Report 2021. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021> (accessed on 17 Jan 2022)

UNFCCC (2021) China's Achievements, New Goals and New Measures for Nationally Determined Contributions. United Nations Framework Convention on Climate Change, New York. <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/China%20First/China%E2%80%99s%20Achievements,%20New%20Goals%20and%20New%20Measures%20for%20Nationally%20Determined%20Contributions.pdf>

WWF et al. (2020) Enhancing Forest Targets and Measures in Nationally Determined Contributions (NDCs). WWF Forest and Climate, WWF International, Climate Focus, UN-REDD Programme, UN Environment Programme, UNEP-DTU Partnership, and BMU. [https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/forests\\_and\\_ndcs\\_v4.pdf](https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/forests_and_ndcs_v4.pdf)

Xue, L. et al. (2021). "China's food loss and waste embodies increasing environmental impacts". *Nature Food* 2: 519–528. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00317-6>

Yang, X. et al. (2021) "Association of plant - based diet and type 2 diabetes mellitus in Chinese rural adults: The Henan Rural Cohort Study". *Journal of Diabetes Investigation* 12 (9) : 1569–1576.

Yu, B., G. Zhao, R. An, J.M. Chen, J.X. Tan, and Li, X.Y. (2021) "Research on China's CO2 emission pathway under carbon neutral target". *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)* 2:17–24. (In Chinese)

Zhao, H., Chang, J., Havlík, P. et al. (2021) "China's future food demand and its implications for trade and environment". *Nature Sustainability* 4:1042–1051. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00784-6>

# 迈向碳中和：探索中国食物和 土地利用系统的减排潜力

2023年5月



The  
Food and Land Use  
Coalition