



# 农食系统与碳中和 中国农业与食物相关 温室气体减排路径分析

——  
工作论文

2022年10月

## 评审人

**Patty Fong** 全球粮食未来联盟气候项目总监  
**牛坤玉** 中国农业科学院农业经济与发展研究所副研究员

## 作者

**陈美安** 绿色创新发展中心 (iGDP) 项目总监/高级分析师, 电子邮箱: [chenmeian@igdp.cn](mailto:chenmeian@igdp.cn)  
**胡敏** 北京绿色金融与可持续发展研究院副院长, 电子邮箱: [hum@ifs.net.cn](mailto:hum@ifs.net.cn)  
**杨鹏** 绿色创新发展中心 (iGDP) 研究总监/高级分析师, 电子邮箱: [yangli@igdp.cn](mailto:yangli@igdp.cn)  
**马中** 中国人民大学环境学院教授, 电子邮箱: [zhongma@vip.sina.com](mailto:zhongma@vip.sina.com)

注: 该工作论文基于研究的初步分析和发现, 主要用于征求反馈, 内容在未来定稿正式发布将有调整。

引用建议: 陈美安, 胡敏, 杨鹏, 马中. (2022). 农食系统与碳中和: 中国农业与食物相关温室气体减排路径分析. 工作论文. 北京: 绿色创新发展中心.

封面照片: Markus Spiske on Unsplash / Marta Markes on Unsplash

# 目录

## 1 背景

1 气候变化与农食系统

2 我国农食系统碳减排挑战

## 4 我国促进农食系统温室气体减排的政策梳理

4 促进农食系统温室气体减排的政策行动

5 农食系统减排行动及协同效应

## 6 我国农食系统温室气体排放量化研究

6 研究范围

6 情景设置

7 主要发现

7 1. 农食系统温室气体总排放将继续增加

8 2. 农食系统实现碳中和挑战巨大

9 3. 农业生产阶段行动只占约三分之一的减排贡献

10 4. 现有绿色发展行动可实现约三分之一的减排贡献

11 5. 主要措施的减排潜力

11 农食系统减排重点行动

12 政策建议

## 14 参考文献

# 背景

## 气候变化与农食系统

人类为了满足食物需求所开展的活动都与气候变化息息相关。一方面，农业生产、畜牧养殖等面临巨大的气候变化风险。全球变暖带来的温度和降水变化以及极端天气，加剧了农业生产的波动性，也对农业生产潜力带来影响 (Woetzel et al., 2020; 李玉娥 et al., 1997)。另一方面，农业活动和食物生产、消费的各个环节都会产生不同种类的温室气体 (Niles et al., 2017; Vermeulen et al., 2012)。

从应对气候变化的角度，有必要将农业及食物的生产和消费作为一个有机整体来看。首先，各个环节的温室气体排放相互关联，受制于共同的驱动因素，包括人口增长、经济发展、收入水平、饮食习惯等。其次，农食系统排放源分散在农业、工业、交通、建筑等不同的领域，温室气体排放的分散统计，单一环节的排放并不显著，导致农业和食物相关的碳减排的关键作用无法得到足够重视。

根据IPCC第六次评估报告，全球包括土地利用在内的农业部门温室气体排放在2010-2019年期间，占全球总排放量的13%到21%之间(IPCC, 2022)。然而，若将农业及食品的生产 and 消费作为一个有机整体，把食物生产、加工、消费等所有环节的间接排放纳入其中，全球层面，农业和食物相关温室气体排放已占到全球碳排放的三分之一左右(Crippa et al., 2021)，对全球气候安全举足轻重。

现有研究已经对气候变化背景下的农食系统活动做出定义(Crippa et al., 2021; Niles et al., 2017; Poore & Nemecek, 2018; Rosenzweig et al., 2020; Tubiello et al., 2021; Vermeulen et al., 2012)。主要指为满足食物需求所展开的农业生产、食品加工、包装、运输、零售以及消费过程中涉及到温室气体排放的各个环节所组成的整体系统，具体包括耕地和牧场的准备、农作物种植和畜禽养殖的展开、到食物的加工、包装和运输零售、再到食物的烹饪和餐厨垃圾处理。

## 我国农食系统温室气体减排挑战

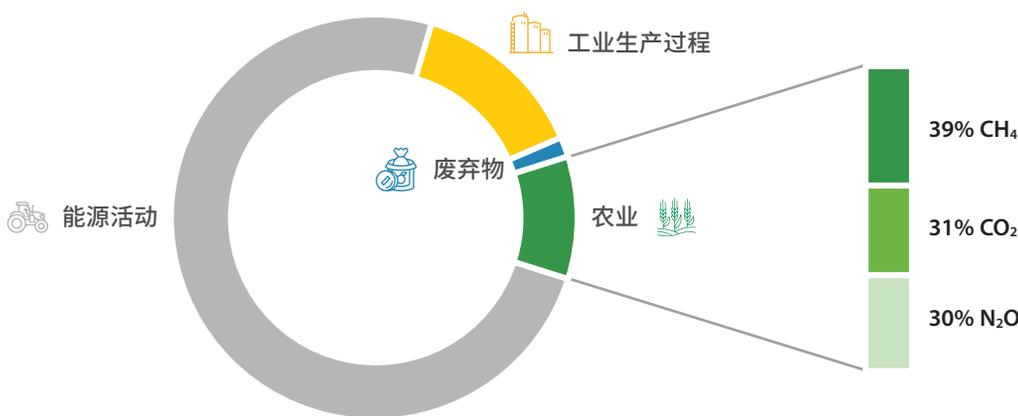
图 1. 农食系统分阶段温室气体排放活动



我国是农业大国，农产品和食物的生产、消费、进口、出口均居全球前列，根据联合国粮农组织数据显示，我国是全球最大的粮食生产国，全球最大的肉类消费国和大豆进口国，水产养殖和出口均居世界首位。作为人口大国，农业和粮食安全是头等大事。“中央一号文件”连续17年将农业和农村发展作为首要任务；工业化和城市化浪潮中，国家坚持实施最严格耕地红线制度，确保粮食安全；2035远景规划进一步强调了农业对粮食供应、食品安全和乡村振兴的基础作用。农食系统温室气体减排是中国双碳战略的重要组成部分，我国在2021年11月向UNFCCC (联合国气候变化框架公约)提交的《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》中提出了许多农食系统相关温室气体减排措施，包括化肥减量、生态系统碳汇、垃圾资源化利用等。

根据《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》进行的估算显示，2014年我国农业生产环节的温室气体排放就已经达到12亿吨CO<sub>2</sub>e，约占当年全国温室气体排放的11%（图2），其中31%为二氧化碳（CO<sub>2</sub>），39%为甲烷（CH<sub>4</sub>），30%为氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)（程琨 & 潘根兴, 2021）。诸多研究表明，我国农业部门温室气体减排将比能源、交通、建筑等部门更晚实现近零排放，即使采取积极的减排措施，2050农业部门碳排放也有可能成为工业以后的第二大排放部门，对实现碳中和目标形成挑战（Lin et al., 2021; Teng et al., 2019）。

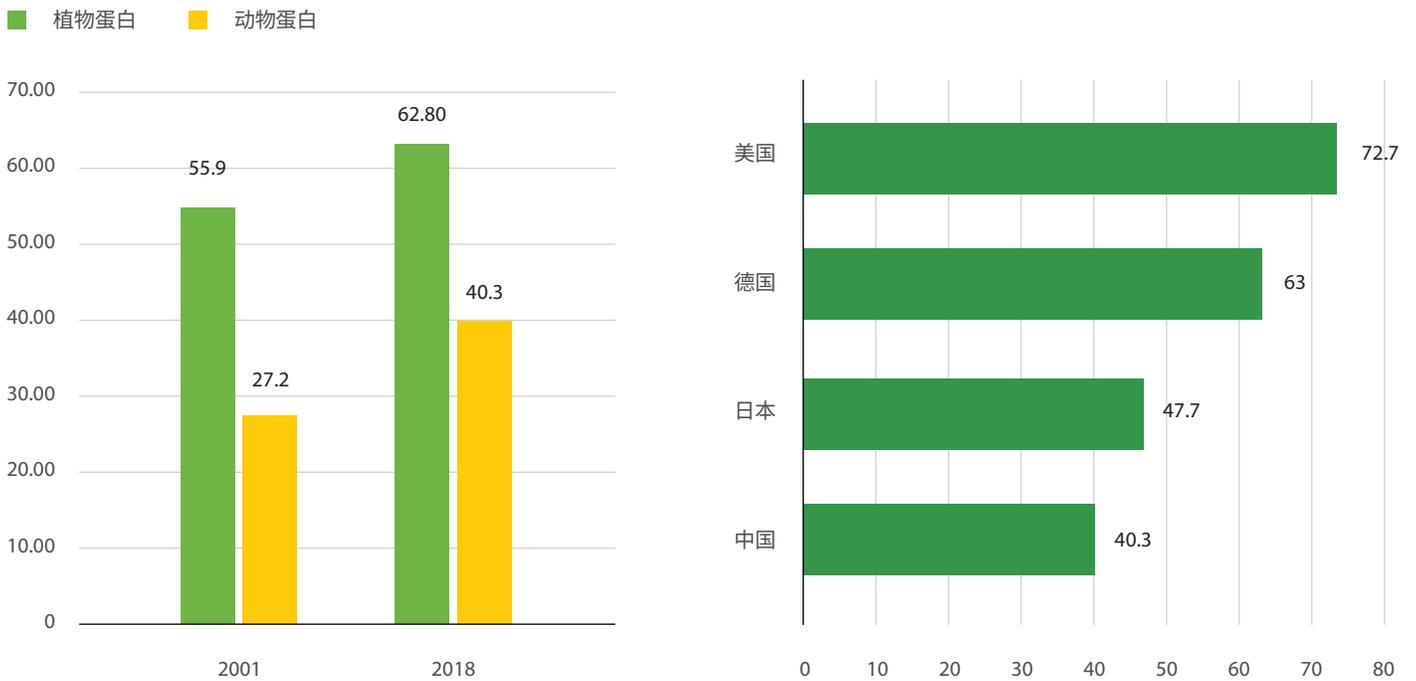
图2. 我国农业温室气体排放，2014



随着人口增长、经济发展水平提高，可以预见我国农业乃至农食系统整体的碳排放仍呈现增长趋势。根据可比较方法估算，2015年人均农食系统相关温室气体排放已经接近英国、日本、德国等主要发达国家，而人均GDP接近但仍未达到发达国家低限（如图3）。食物消费总量、膳食结构和消费方式等，直接影响农业生产的规模及供应方式，从而影响农食系统碳排放趋势。比如，我国人均蛋白质摄入量与某些发达国家相比仍处于较低水平（如图4），而未来可能的新增蛋白摄入量如果是来自动物性食物消费，就可能极大程度推高温室气体排放量，对农食系统碳中和以及食品安全带来挑战（Bai et al., 2018; Li et al., 2016; Ma et al., 2019）。

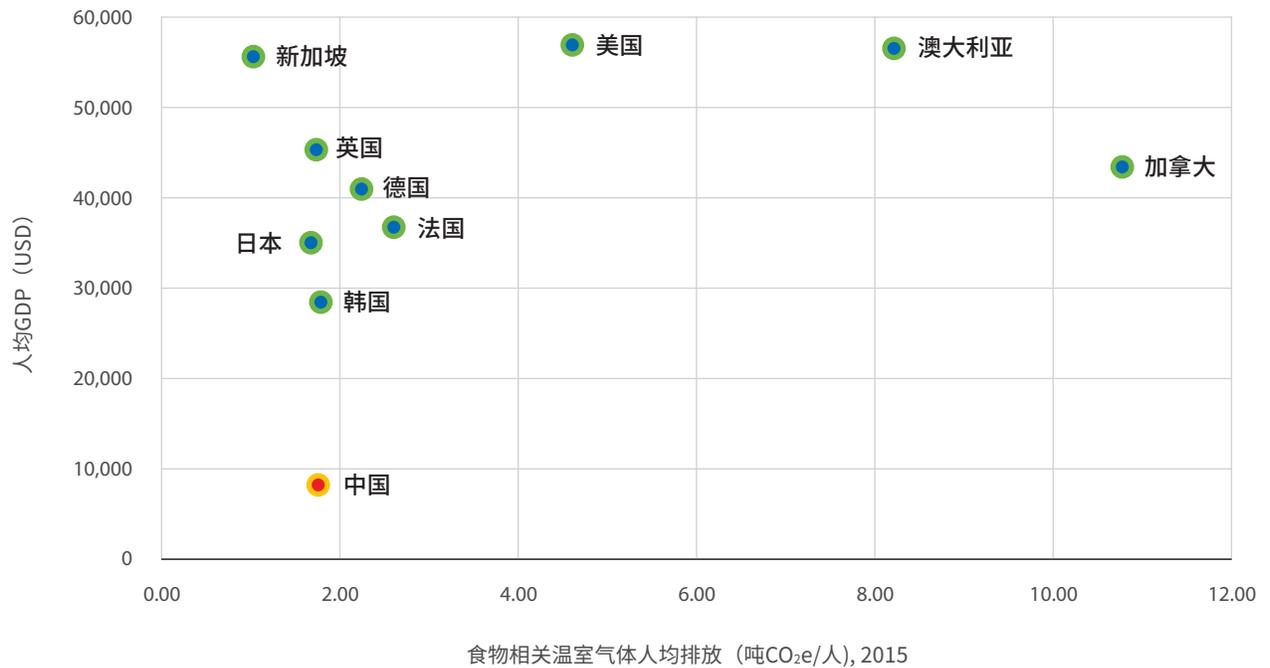
因此，为了实现全球应对气候变化和我国远期碳中和目标，有必要从农食系统的视角，对全流程全温室气体排放情况进行摸底，通过梳理农食系统各环节现有减排行动，分析减排潜力，识别实现碳中和的关键路径和重点措施。

**图3. 中国人均动物蛋白和植物蛋白消费比较，以及中国与其他国家动物蛋白摄入比较（克/人/天），2018**



数据来源：粮农组织 (FAO), 2018

**图4. 中国和主要发达国家食物相关的温室气体人均排放与人均GDP，2015**



数据来源：EDGAR Food Database 和the World Bank

# 我国促进农食系统温室气体减排的政策梳理

## 促进农食系统温室气体减排的政策行动

中国长期重视农业生产和粮食安全的重视，已经制定和实施的多项针对农业、农村可持续发展的行动，包括农业绿色发展、土壤保育、乡村振兴和保障粮食安全等战略和政策；此外，在食物消费相关的领域中，也有包括工业节能、绿色低碳交通和废弃物管理等政策措施。尽管这些行动的首要目标并非是温室气体减排，也对食物系统碳减排带来积极贡献。按照食物系统不同环节的主要排放源，下表梳理了该环节下对食物相关温室气体减排带来影响的政策。

## 农食系统减排行动及协同效应

表 1. 农食系统主要减排行动一览

	减排行动	政策文件
农业生产	<ul style="list-style-type: none"><li>推进化肥农药减量增效和有机肥替代；构建果菜茶有机肥替代化肥长效机制，对有机肥购买和使用提供补贴；</li><li>推进农膜回收利用和推广环境友好生物可降解地膜；</li><li>提出控制农田甲烷排放，选育高产低排放良种，改善水分和肥料管理；</li><li>通过合理的农田管理措施，提高农业固碳能力；</li><li>加强畜禽粪污的资源化利用；</li><li>推广低蛋白日粮、全株青贮等技术和高产低排放畜禽品种；</li><li>农田碳汇行动；</li><li>推动种植业、畜牧业和渔业的信息、智能化和智慧化；</li><li>绿色农用机械应用推广，支持农业绿色发展机具、智能装备纳入农机购置补贴范围。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>《全国农业可持续发展规划(2015-2030)》</li><li>《关于加快推进农用地膜污染防治的意见》</li><li>《“十三五”控制温室气体排放工作方案》</li><li>《“十四五”全国农业绿色发展规划》</li><li>《耕地质量提升与保护方案》</li><li>《关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》</li><li>《数字农业农村发展规划(2019-2025)》</li><li>《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》</li><li>《2030年前碳达峰行动方案》</li><li>《农业农村减排固碳实施方案》</li></ul>
农场到餐桌	<ul style="list-style-type: none"><li>推动绿色包装，2025年电商快件基本实现不再二次包装，可循环快递包装应用规模达1000万个；</li><li>发展农产品绿色低碳运输；</li><li>食品加工工业能效提升；</li><li>削减HFCs的生产和消费。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>《关于加快我国包装产业转型发展的指导意见》</li><li>《“十四五”循环经济发展规划》</li><li>《关于加快发展冷链物流保障食品安全促进消费升级的意见》</li><li>《“十四五”全国农业绿色发展规划》</li><li>《基加利修订案》</li><li>《十四五现代能源体系规划》</li></ul>
食物消费	<ul style="list-style-type: none"><li>生活垃圾分类和餐厨垃圾资源化利用；</li><li>减少食物浪费，制定和修改有关国家标准、行业标准和地方标准来最大程度防止和减少浪费；</li><li>调整居民膳食结构，推广膳食结构多样化的健康消费模式。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>《生活垃圾分类制度实施方案》</li><li>《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》</li><li>《中华人民共和国反食品浪费法》</li><li>《中国食物与营养发展纲要(2014—2020年)》</li><li>《中国居民膳食指南》</li></ul>

如前所述，农食系统有利于温室气体减排的行动并非均以应对气候变化为首要目标，各种措施会带来各种协同效应。为分析便利，将所有行动根据首要政策目标分为两大类：绿色发展行动和低碳农业行动。

- 绿色发展行动：指以其他经济社会、可持续发展为首要目标，尤其以农业安全、污染减排、生态保护、节约能源、低碳转型、公共健康等为首要政策目标，但具有温室气体减排效果的措施和行动。虽然最初政策目标不是应对气候变化，这些领域的行动也会在碳达峰和碳中和的要求下不断强化。绿色发展行动主要涵盖以绿色生态农业、绿色低碳能源体系、循环经济及无废城市等相关行动。
- 低碳农业行动：指以应对气候变化为首要目标，考虑到碳中和要求—即温室气体排放限制—而采取的农业生产领域的温室气体减排措施和行动。

下图对以上政策涉及到有温室气体减排作用的行动进行梳理，并列出了其首要政策目标。

**表 2. 农食系统分目标减排行动一览**

减排行动分类	主要措施	首要目标	涉及农食系统环节		
			农业生产	农场到餐桌	食物消费
<b>低碳农业行动</b>					
低碳农业生产	水稻种植减排	温室气体减排	√		
	畜禽低碳减排	温室气体减排	√		
<b>绿色发展行动</b>					
绿色生态农业	畜禽养殖粪污管理	水污染减排	√		
	农田化肥农药减量	土壤养护、食品安全	√		
	农业投入品减排(农膜)	农村污染、固废污染	√		
清洁和现代能源体系	农业农村能耗减排	空气污染	√		
	食物加工能耗减排	工业节能、空气污染、温室气体减排		√	
	食物运输、零售能耗减排	交通节能、空气污染、温室气体减排		√	
	食物烹饪能耗减排	空气污染			√
	食物冷链中制冷剂减排	温室气体减排(F-gas)		√	
循环经济、零废城市	食物包装减排	固废污染		√	
	食物垃圾处理减排	固废污染			√

# 我国农食系统温室气体排放量化研究

## 研究范围

本报告中所讨论的农食系统温室气体排放范围主要覆盖食物从农业生产、加工、包装、运输、零售到消费环节的主要温室气体排放源<sup>1</sup>。覆盖的主要温室气体包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和含氟温室气体，后者主要是用于制冷设备的氢氟碳化物 (HFCs)。不同温室气体按照GWP（全球升温潜势值）计算统一为二氧化碳当量 (CO<sub>2</sub>e)<sup>2</sup>。

**表 3. 农食系统温室排放研究范围**

农食系统温室气体主要排放源		主要温室气体			
		二氧化碳	甲烷	氧化亚氮	含氟温室气体
农业生产	畜禽养殖		√	√	
	农作物种植		√	√	
	农业投入品(化肥、农药、农膜)	√			
农场到餐桌	农业生产能耗	√			
	食物加工	√			
	食物包装	√			
	食物运输	√			√
	食物存储零售	√			√
食物消费	食物烹饪	√			
	食物垃圾处理处置	√	√		

## 情景设置

- 参考情景：基于我国经济社会发展和绿色低碳转型趋势，估算未来农食系统排放。
- 强化减排情景：在参考情景的基础上，考虑到延续和加强已经实施的绿色发展行动及低碳农业行动，以及主要排放源下其他尚未纳入的具有成本有效性的减排行动。
- 深度减排情景：基于国内外已有减排实践，在强化减排情景的基础上，强化绿色发展行动以及所有可能的低碳农业行动，该情景将1) 纳入成本较高的减排实践，2) 更快和更高比例的采用低成本减排行动，3) 消费端行为改变带来的减排。

<sup>1</sup> 由于我国农业土地利用变化导致的温室气体排放和变化都较小 (AGFEP, 2021; Crippa et al., 2021; Vermeulen et al., 2012)，因此本报告中对农食系统温室气体排放讨论范围不包括农业土地利用。

<sup>2</sup> GWP值采用政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第四次评估报告 (AR4) 提供的100年时间尺度。

## 主要发现

### 1. 农食系统温室气体总排放将继续增加

在参考情景下，即使采取一定减排措施，我国农食系统温室气体排放将持续上升，2060年总排放将比2019年增加30%。农业生产的温室气体排放将持续增长，而食品加工、运输、零售、烹饪和垃圾处理等环节，得益于能效水平提升，排放在达峰后呈缓慢下降趋势。

温室气体增长的主要来源是甲烷和氧化亚氮，其排放将持续上升，甲烷排放从2019年的5.19亿吨CO<sub>2</sub>e上升到2060年的10.06亿吨CO<sub>2</sub>e，氧化亚氮则从2.73亿吨CO<sub>2</sub>e缓慢增长到3.3亿吨CO<sub>2</sub>e。此外，含氟温室气体则在持续增长到2040左右后缓慢下降，二氧化碳排放也在2030年之后开始逐渐下降。

图 5. 参考情景下我国农食系统分阶段温室排放趋势（百万吨 CO<sub>2</sub>e）

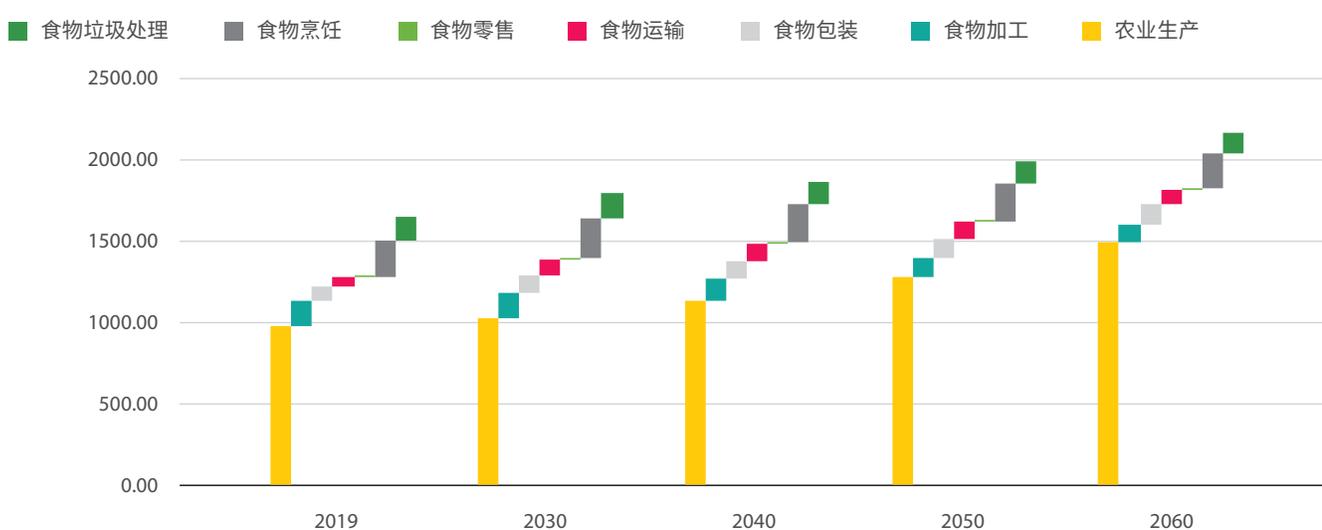
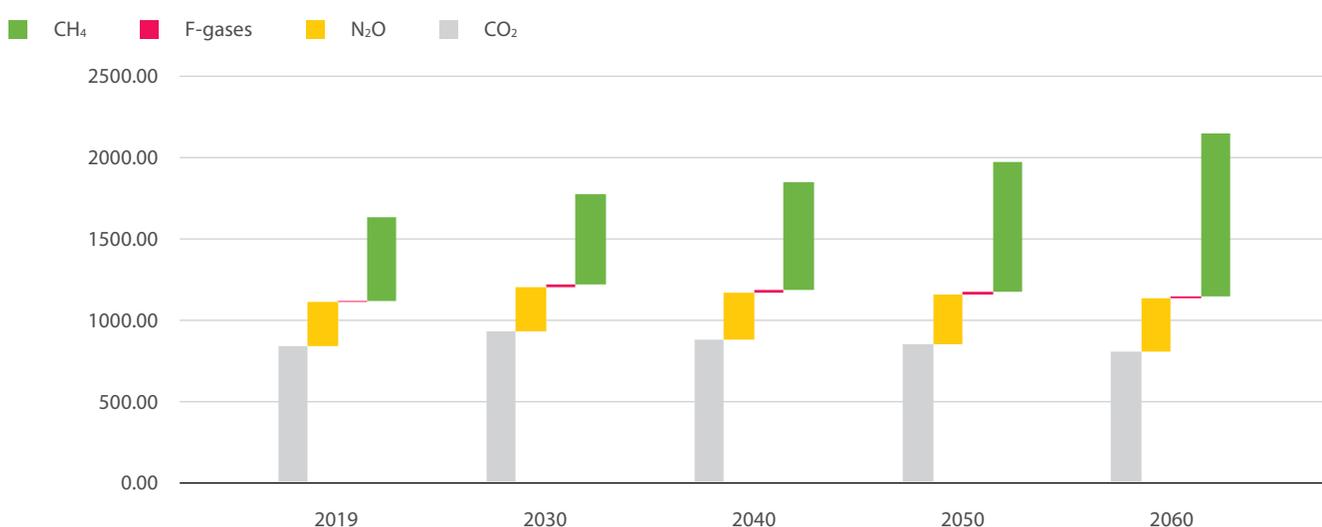


图 6. 参考情景下我国农食系统分气体温室排放趋势（百万吨 CO<sub>2</sub>e）



## 2. 农食系统实现碳中和挑战巨大

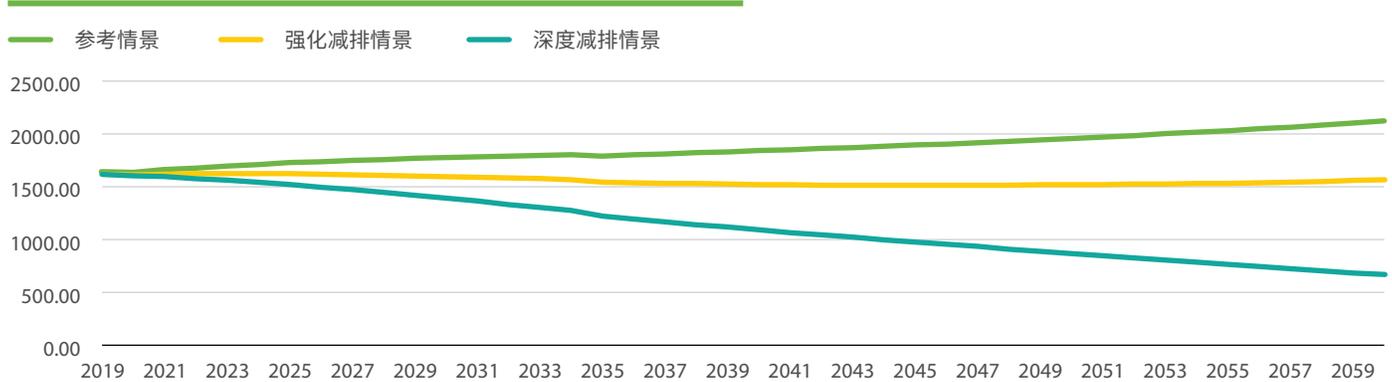
在参考情景下，2019年温室气体排放为16.46亿吨CO<sub>2</sub>e，到2030年增加到17.89亿吨CO<sub>2</sub>e，2060年增加到21.62亿吨CO<sub>2</sub>e。图5显示了中国农食系统在不同情景下的温室气体排放。

在强化减排情景下，我国农食系统温室气体排放从2025年左右开始缓慢下降，到2030年温室气体排放16.14亿吨CO<sub>2</sub>e，到2060年下降到15.8亿吨CO<sub>2</sub>e，比参考情景下2060年的排放减少36%。在该情景下的温室气体排放到2048年左右仍有小幅增长，主要来自畜禽养殖的温室气体排放。

在深度减排情景下，我国农食系统温室气体排放从2020年开始已经呈逐步下降趋势。到2030年下降到14.08亿吨CO<sub>2</sub>e，2060年降至6.51亿吨CO<sub>2</sub>e，比参考情景下2060年的排放减少70%，仍不能实现近零排放。

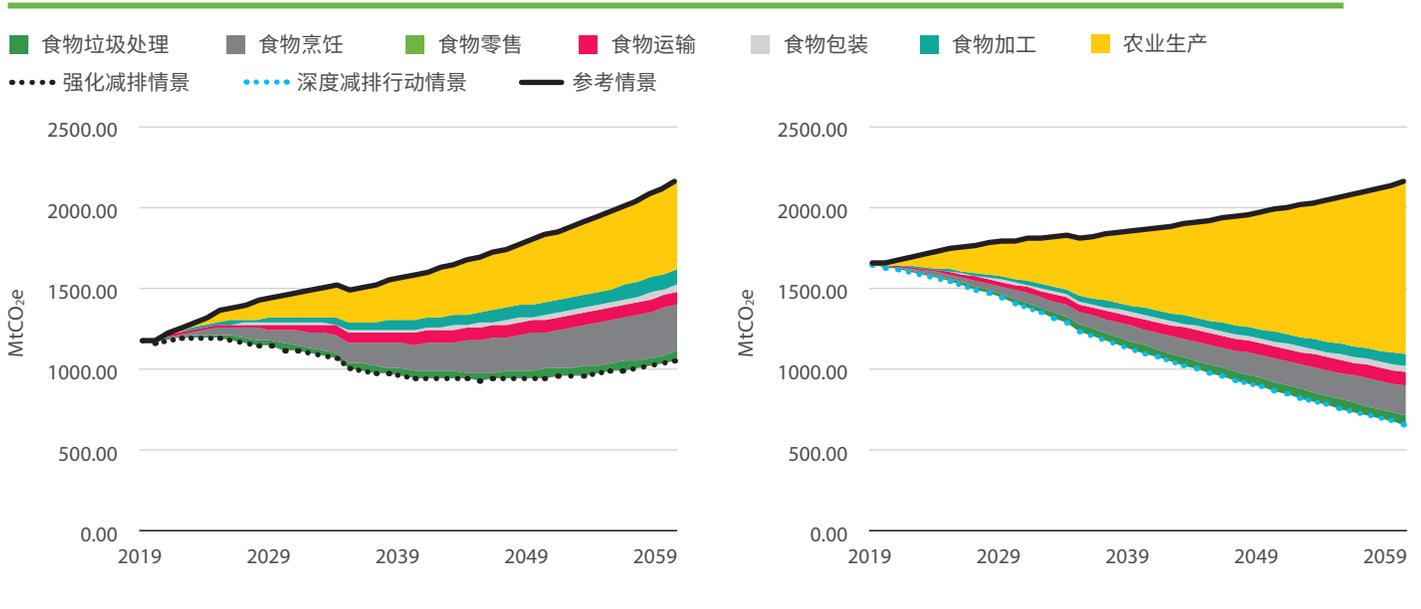
三种情景排放趋势：

**图 7. 不同情景下我国农食系统温室气体排放趋势（百万吨 CO<sub>2</sub>e）**



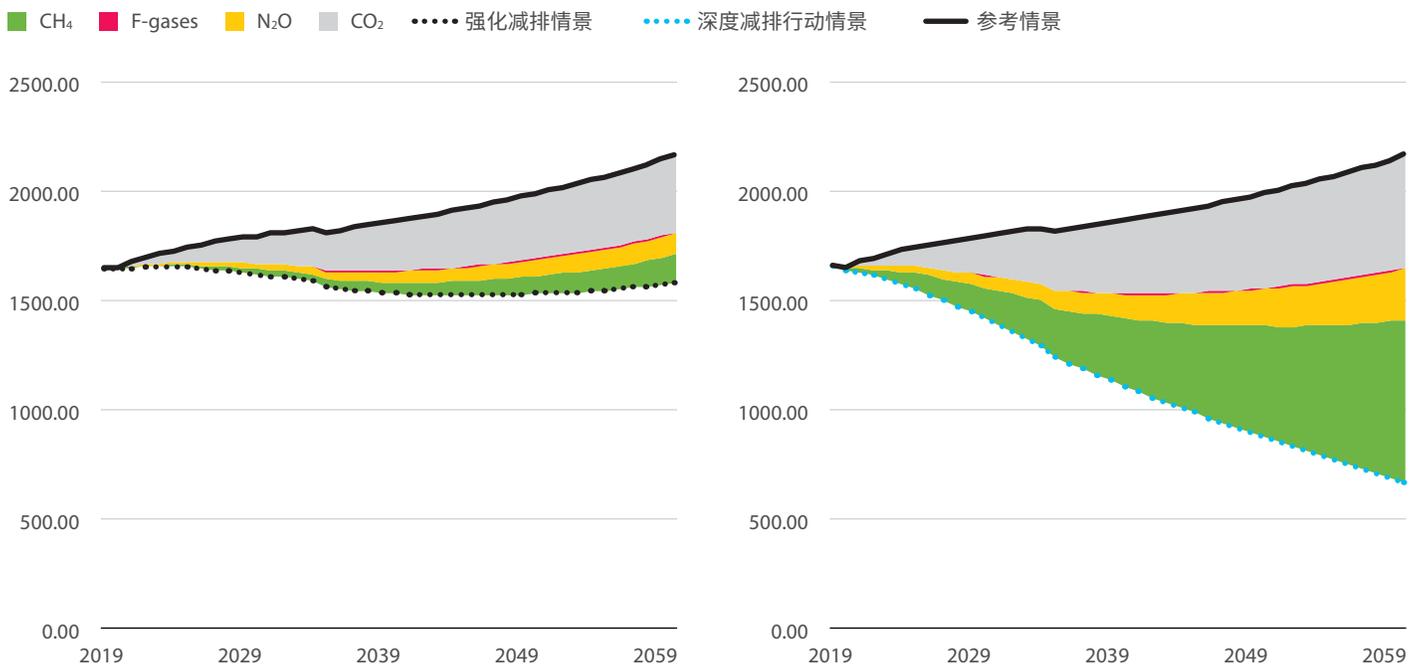
不同减排情景下分阶段减排潜力：

**图 8. 强化减排情景和深度减排情景下我国农食系统分阶段减排潜力（百万吨 CO<sub>2</sub>e）**



不同减排情景下分气体减排潜力：

**图 9. 强化减排情景和深度减排情景下我国农食系统分气体减排潜力（百万吨 CO<sub>2</sub>e）**



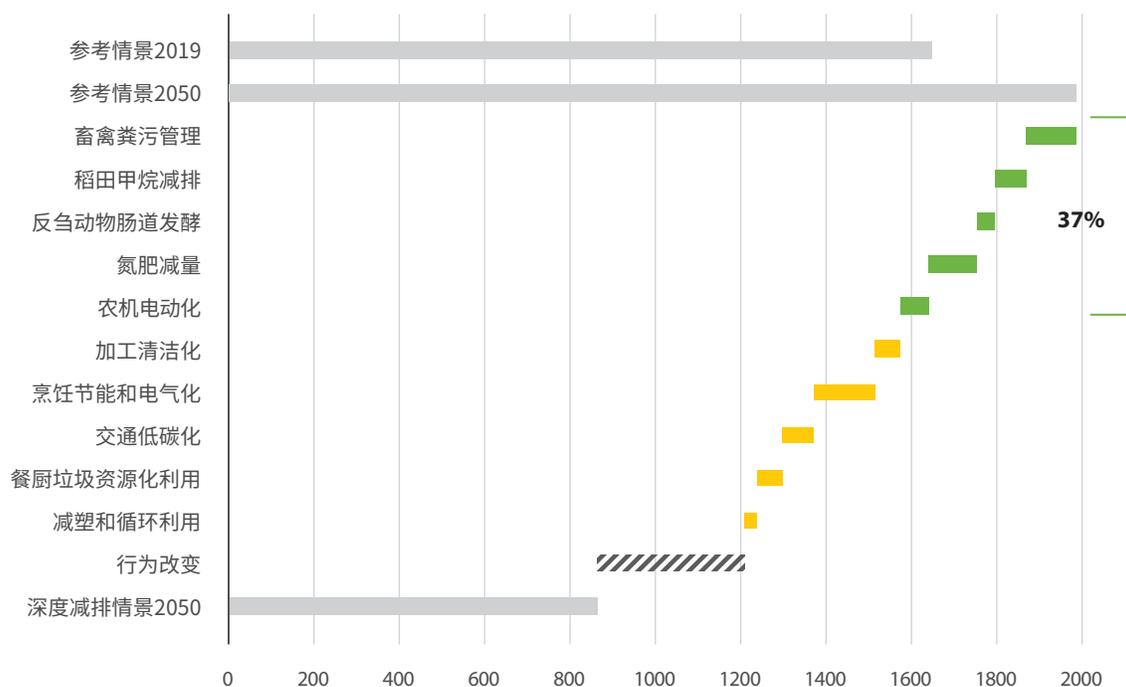
**表 4. 强化减排情景 VS. 深度减排情景分气体减排一览**

	强化减排情景 2050 VS. 2019	深度减排情景 2050 VS. 2019
甲烷 (CH <sub>4</sub> )	排放增长40%	排放下降43%
氧化亚氮 (N <sub>2</sub> O)	排放下降14%	排放下降50%
含氟温室气体 (F-gases)	排放在2030年左右达峰后缓慢下降至2020年水平	排放在2030年左右达峰后缓慢下降至2020年水平
二氧化碳 (CO <sub>2</sub> )	排放下降34%	排放下降50%

### 3. 农业生产阶段行动只占约三分之一的减排贡献

如下图所示，仅关注农业生产环节的减排行动是不能实现我国农食系统碳中和，2050年来自农业生产阶段的脱碳所带来的减排潜力仅占整个农食系统的37%。来自农食系统其他环节的排放以及食物消费端的减排同样重要。

**图 10.** 深度减排情景下农食系统主要减排行动的减排潜力（百万吨CO<sub>2</sub>e）

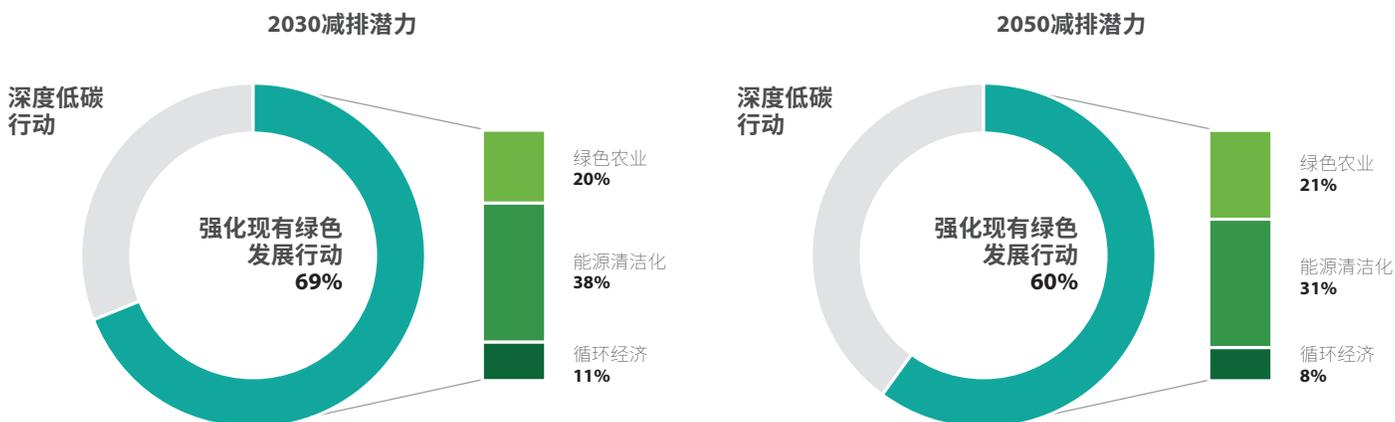


#### 4. 现有绿色发展行动可实现约三分之二的减排贡献

如图11所示，约三分之二的减排潜力，即到2030年和2050年分别有69%和60%的减排潜力来自强化已有的绿色发展行动，包括在绿色农业、能源清洁化和循环经济为防治环境污染和保护公众健康所采取的行动。剩下的三分之一的减排潜力来自深度低碳行动，包括低碳农业行动以及食物消费端的行为改变。

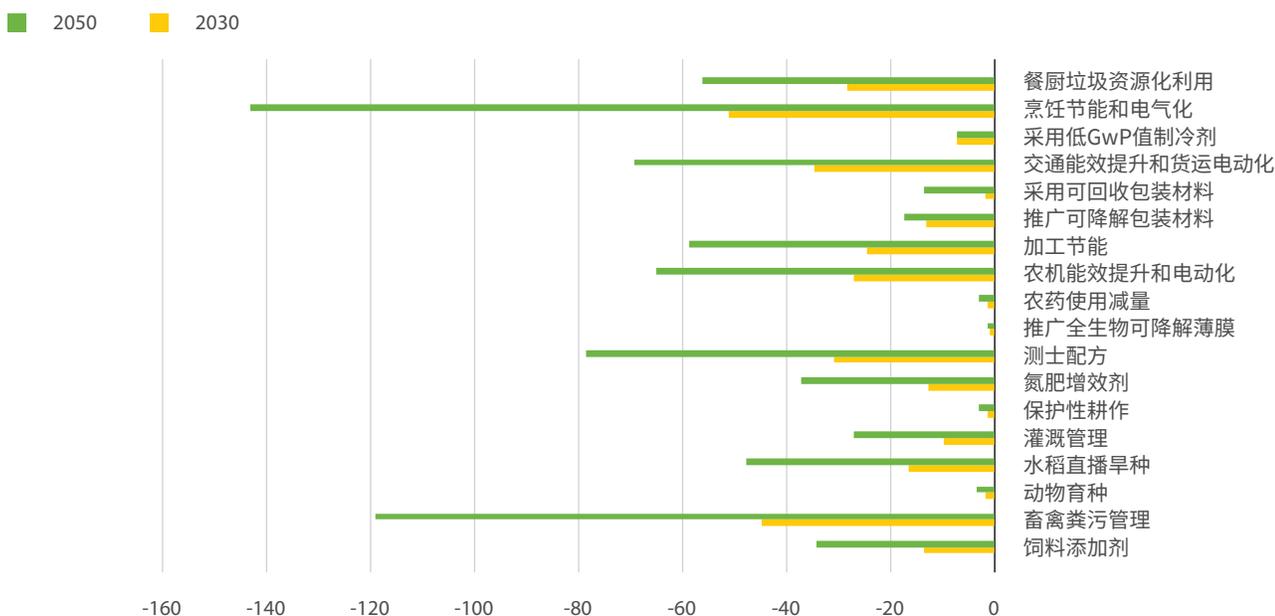
注：下图的减排潜力分析是基于减排政策（表2）中对减排行动的重新分类。

**图 11.** 深度减排情景下绿色发展行动的减排潜力



## 5. 主要措施的减排潜力：

**图 12.** 深度减排情景下主要措施的减排潜力（百万吨CO<sub>2</sub>e，2030和2050年）



## 农食系统减排重点行动

根据深度减排情景下2050年温室气体减排潜力，我们提出如下十个重点减排行动及其主要障碍。

**表 5.** 农食系统重点减排行动

优先行动	主要措施	2050减排贡献	主要障碍
畜禽粪污管理	沼气资源利用	11%	经济刺激
氮肥减量	氮肥增效剂, 缓释肥	10%	经济刺激
	保护性耕作		
	测土配方		
农机节能和电动化	农机能效提升和电动化	5.8%	农机电动化政策和标准引导
烹饪节能及电气化	烹饪节能及电气化	12.8%	经济刺激
交通低碳化	交通能效提升	7%	政策引导
	货运电动化		
	低GWP值制冷剂		
食物加工清洁化	能效提升	5%	政策引导
餐厨垃圾资源化利用	垃圾分类和餐厨垃圾资源化利用	5%	对垃圾资源化规模发展的经济刺激
稻田甲烷减排	灌溉管理	6.6%	低成本技术
	直播旱种		
反刍动物肠道发酵减排	动物育种	3%	低成本技术
	饲料添加剂		
减塑和循环利用	可回收包装 可降解包装材料	2.8%	实施难度大
膳食和消费行为调整*	素食 本地食物消费	-	实施难度大

\*注：膳食调整主要指减少动物性食物摄入及鼓励本地食物消费，其减排量主要体现在两个方面，一是农业生产，尤其是畜牧业相关的排放，二是食品运输相关的排放。考虑到行为改变的不确定性较大，此处不做定量分析。诸多研究表明，减少动物性食物摄入会带来显著的减排贡献，应加强重视。

## 政策建议：

### · 制定综合性农食系统碳中和战略

由于食物生产和消费活动涉及到农业、交通、工业和废弃物多个部门，一个关于农食系统碳中和的综合方案可以提供更全面、更互洽的温室气体减排方式，协调不同部门的减排行动，并推动更多利益相关方的参与。

### · 优化现有绿色低碳行动以扩大减排效果，尤其是甲烷减排力度

无论是在中国提交和更新的国家自主贡献（NDC）中还是在国内都已经部署实施了多项关于推动农业绿色发展的政策，例如化肥农药的减量增效、畜禽粪污的资源化利用、推广使用有机肥、以及测土配方和绿色农业机械推广等措施。通过优化已有的政策措施，尤其是强化现有行动中甲烷减排效果，不仅可以改善农业面源污染、保护农业资源和提高农产品质量，还能以较低边际成本控制温室气体排放（表6提供了食物系统纳入NDC的实践与建议）。

### · 促进农机电动化以及农村炉灶能源清洁化

农食系统中不同阶段的能源消耗带来的温室气体排放不容忽视，例如农用机械、食物运输以及烹饪等环节。建议出台有关政策，加快农机电动化，包括电动拖拉机、微耕机、割草机等市场化；建议在农村清洁灶具替换中，通过政府补贴等促进高效家用电器推广；食品冷链等货运绿色清洁和电动化，也有效减少来自传统能源消耗的二氧化碳排放。

### · 建立农食系统环境数据体系以支持科学决策和行为改变

农食系统数据系统包括各环节温室气体排放活动数据和农食产品的环境及碳排放影响数据或标签，前者为食物系统减排政策提供数据基础，后者将有效促进消费者行为改变。我国2021年更新的国家自主贡献（NDC）中提出将逐步建立非二氧化碳温室气体排放统计核算体系、政策体系和管理体系等措施则将为食物系统排放数据的收集分析提供更多政策依据。此外，我国有关产品碳标签的工作也应在农食领域进行推广，结合生态食品、绿色食品等体系，将碳信息纳入其中。

### · 推广社区支持农业、再生农业等机制创新

探索不同类型的可持续农业发展模式来提高农食系统在面对资源短缺、环境污染和气候变化的韧性。例如在工业化农业生产之外，基于中国高比例的小农生产方式，推广社区支持农业，为消费者提供健康食品的同时为生产者经营提供了资金支持。以及推动包括保护性耕作、覆盖作物等再生农业实践来提高土壤肥力的行动。

### · 在无废城市基础上强化已有减排行动并加强餐厨垃圾处理的甲烷减排

在生产、包装、运输以及消费阶段中加强对资源的回收和循环利用也将带来可观的减排潜力。其中包括对全生物可降解地膜的研发和推广、在食品包装领域中使用可降解和可回收的材料、以及对餐厨垃圾的持续回收和资源化。这些行动也与我国一直在推行的“循环经济”以及“无废城市”下的政策措施相一致。

**表 6. 食物系统纳入NDC的实践和建议**

	主要排放源	2015 NDC	2021 NDC	强化建议
				<ul style="list-style-type: none"> <li>制定系统化食品系统应对气候变化方案</li> <li>制定农业温室气体减排目标</li> <li>农业适应气候变化规划</li> </ul>
农业生产	化肥生产过程排放	推动农业低碳发展，到2020年努力实现化肥农药使用量零增长。	加大力度推进化肥农药减量增效	化肥农药减量增效和有机肥替代
	农药生产过程排放	推动农业低碳发展，到2020年努力实现化肥农药使用量零增长。	加大力度推进化肥农药减量增效	化肥农药减量增效
	农膜生产过程排放			合理控制地膜使用量，推进农膜回收利用。2025年废旧农膜回收率提高到85%
	农用机械能耗			绿色农用机械推广
	农田土壤氧化亚氮排放	控制稻田甲烷和农田氧化亚氮排放，	化肥减量增效、有机肥替代	化肥农药减量增效和有机肥替代
	水稻种植甲烷排放	控制稻田甲烷和农田氧化亚氮排放		健全耕地轮作休耕制度
	畜禽粪污甲烷和氧化亚氮排放	推动秸秆综合利用、农林废弃物资源化利用和畜禽粪便综合利用。	改进畜禽粪污处理和利用方式，减少畜禽养殖温室气体。	2025年畜禽粪污综合利用率达到80%
畜禽肠道发酵甲烷排放			推广饲草料	
农场到餐桌	食物加工能耗			
	食物包装能耗			推广绿色包装。电商快件基本实现不再二次包装，可循环快递包装应用规模达1000万个。
	食物运输能耗和含氟温室气体排放		接受《基加利修正案》	发展农产品绿色低碳运输，《基加利修正案》对HFCs生产和消费使用的控制。
	食物销售能耗和含氟温室气体排放		接受《基加利修正案》	推广绿色高效制冷，《基加利修正案》对HFCs生产和消费使用的控制。
食物消费	食物烹饪能耗			实施“节能补贴”“以旧换绿”等措施，采用补贴、奖励等方式，支持居民购买绿色高效制冷产品。
	餐厨垃圾处理	强化垃圾填埋场甲烷收集利用。	加快发展循环经济	到2025年，城市生活垃圾分类体系基本健全，生活垃圾资源化利用比例提升至60%左右。到2030年，城市生活垃圾分类实现全覆盖，生活垃圾资源化利用比例提升至65%。

## 参考文献

- AGFEP. (2021). *2021 China and Global Food Policy Report: Rethinking Agrifood Systems for the Post-COVID World*. Academy of Global Food Economics and Policy (AGEFP), China Agricultural University.
- Bai, Z., Ma, W., Ma, L., Velthof, G. L., Wei, Z., Havlík, P., Oenema, O., Lee, M. R., & Zhang, F. (2018). China's livestock transition: Driving forces, impacts, and consequences. *Science Advances*, 4(7), eaar8534.
- Benton, T. G., Bieg, C., Harwatt, H., Pudasaini, R., & Wellesley, L. (2021). *Food system impacts on biodiversity loss*. Chatham House.
- Clark, M. A., Domingo, N. G., Colgan, K., Thakrar, S. K., Tilman, D., Lynch, J., Azevedo, I. L., & Hill, J. D. (2020). Global food system emissions could preclude achieving the 1.5 and 2 C climate change targets. *Science*, 370(6517), 705–708.
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., & Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 1–12.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Li, H., Wu, T., Wang, X., & Qi, Y. (2016). The greenhouse gas footprint of China's food system: an analysis of recent trends and future scenarios. *Journal of Industrial Ecology*, 20(4), 803–817.
- Lin, J., Khanna, N., Liu, X., Wang, W., Gordon, J., & Dai, F. (2021). *Opportunities to Tackle Short-Lived Climate Pollutants and Other Greenhouse Gases for China*. The California-China Climate Institute.
- Ma, L., Bai, Z., Ma, W., Guo, M., Jiang, R., Liu, J., Oenema, O., Velthof, G. L., Whitmore, A. P., & Crawford, J. (2019). Exploring future food provision scenarios for China. *Environmental Science & Technology*, 53(3), 1385–1393.
- Niles, M. T., Ahuja, R., Esquivel, J. M., Mango, N., Duncan, M., Heller, M., & Tirado, C. (2017). *Climate change and food systems: Assessing impacts and opportunities*. Meridian Institute.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992.
- Rosenzweig, C., Mbow, C., Barioni, L. G., Benton, T. G., Herrero, M., Krishnapillai, M., Liwenga, E. T., Pradhan, P., Rivera-Ferre, M. G., & Sapkota, T. (2020). Climate change responses benefit from a global food system approach. *Nature Food*, 1(2), 94–97.
- Teng, F., Su, X., & Wang, X. (2019). Can China Peak Its Non-CO2 GHG Emissions before 2030 by Implementing Its Nationally Determined Contribution? *Environmental Science & Technology*, 53(21), 12168–12176.
- Tilman, D., & Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528), 518–522.
- Tubiello, F. N., Rosenzweig, C., Conchedda, G., Karl, K., Gütschow, J., Xueyao, P., Obli-Laryea, G., Wanner, N., Qiu, S. Y., & De Barros, J. (2021). Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. *Environmental Research Letters*, 16(6), 065007.
- Vermeulen, S. J., Campbell, B. M., & Ingram, J. S. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 195–222.
- Woetzel, J., Henderson, K., Krishnan, M., Zhang, H. Z., & Lam, G. (2020). *Leading the battle against climate change: Actions for China*. McKinsey & Company.
- Zang, J., Guo, C., Wang, Z., Cheng, Y., Jin, W., Zhu, Z., Zou, S., Wang, C., Lu, Y., & Wang, W. (2018). Is adherence to the Chinese Dietary Guidelines associated with better self-reported health?: The Chinese dietary guidelines adherence score. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*.
- 李玉娥, 董红敏, & 林而达. (1997). 气候变化对畜牧业生产的影响. *农业工程学报*, 13, 20–23.
- 程琨, & 潘根兴. (2021). 中国农业还能中和多少碳? . *China Dialogue*. <https://chinadialogue.net/zh/5/69745/>



**iGDP**

中国北京市朝阳区秀水街1号  
建外外交公寓7-1-51  
邮编: 100600

电子邮箱: [igdpooffice@igdp.cn](mailto:igdpooffice@igdp.cn)  
电话: 86-10-8532-3096  
传真: 86-10-8532 2632