转型农业食物系统助力实现中国2060碳中和目标

张玉梅 [1, 2]　樊胜根 [2, 3]　陈志钢 [4, 5]　冯晓龙 [2, 3]
张向阳 [1]　柏兆海 [6]　汪笑溪 [4]

1. 中国农业科学院农业经济与发展研究所
2. 中国农业大学全球食物经济与政策研究院
3. 中国农业大学经济管理学院
4. 浙江大学中国农村发展研究院
5. 国际食物政策研究所
6. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心，河北省土壤生态学重点实验室

一 研究背景

- IPCC认为现在若不全力以赴达成1.5℃的温控目标，未来人类将在生态系统、粮食安全、水供应、人类安全、健康福祉以及经济增长等方面付出巨大代价
- 习近平主席：**2030年前碳达峰，2060年前碳中和**
- 农业食物系统的温室气体
  - 全球：农业食物系统21-37% (Rosenzweig et al., 2020), 食物供应链26% (Poore & Nemecek,2019)
  - 中国：农业活动产生温室气体7.1亿吨 (FAO, 2018)， 占世界农业排放量的比重11-12%
- **实现2060年碳中和目标，农业食物系统不容忽视：减排+增汇**
- **研究目的：核算农业食物系统温室气体排放+研究农业食物系统减排转型路径**

二 研究范围和方法

➢ 概念和范围

- 农业食物系统：**农业和食品加工业、餐饮服务，**及**相关的运输仓储和批发零售、中间投入品**
- 农业食物系统温室气体排放= **农业活动+农业食物系统能源消费**温室气体排放+农业土地利用
  - **农业活动温室气体排放=农用地排放 + 动物肠道发酵 + 水稻种植 + 动物粪便管理 + 农业废弃物处理**
  - **农业食物系统能源消费温室气体排放：**消耗的煤炭、石油与天然气
- 碳排放：包括CO_2、CH_4以及N_2O等在内的所有温室气体
- 碳汇：森林、农地、草地、湿地等从环境中吸收的温室气体

➢ 数据和方法

- 历年《中国气候变化国家信息通报》、FAO数据库、投入产出表和分行业能源消费数据（国家统计局）
- 中国农业产业模型(CASM)+中国动态一般均衡模型(CGE)（中国农业科学院农业经济与发展研究所与IFPRI共同开发）

三 农业食物系统碳排放

➢ 农业活动温室气体先增后减

- 在2017-2018年连续两年下降
- 2018年7.1亿吨，比1990年增加18%，占5.4%
- **农用地排放**和**动物肠道发酵**占60%以上
- 主要排放源：**稻谷（26.4%）**和**牛肉（16.7%）**（2017年）

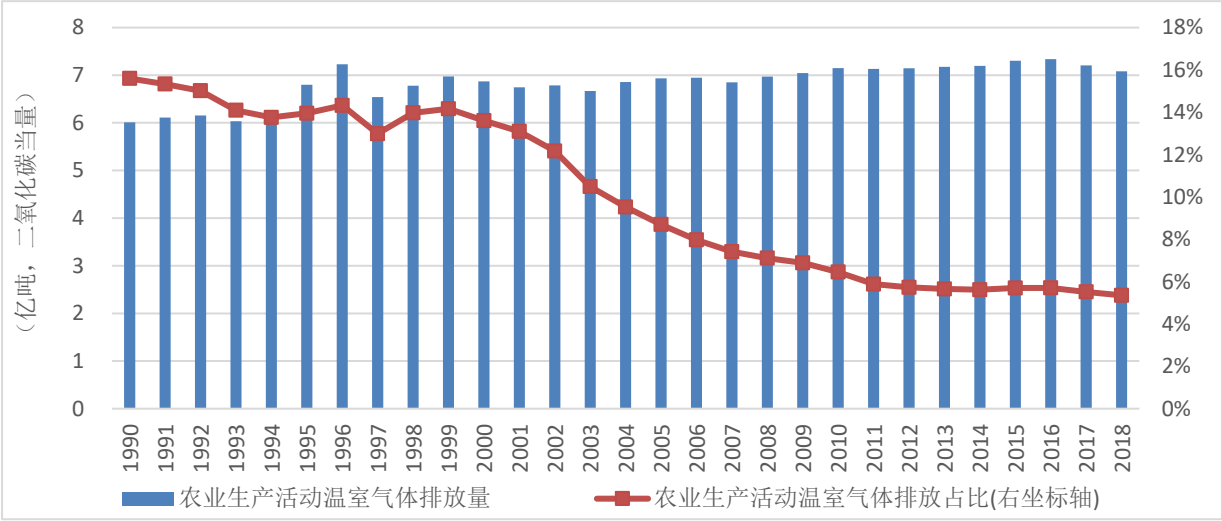
➢ 整个农业食物系统温室气体不容忽视：

- 2018年：10.9亿吨，占8.2%

=农业活动（7.1亿吨）+农业能源消费（0.5亿吨）+
食品加工业（1.0亿吨）+投入品（2.2亿吨）+
运输仓储、批发零售和餐饮（0.08亿吨）+
农业土地利用（0.02亿吨）

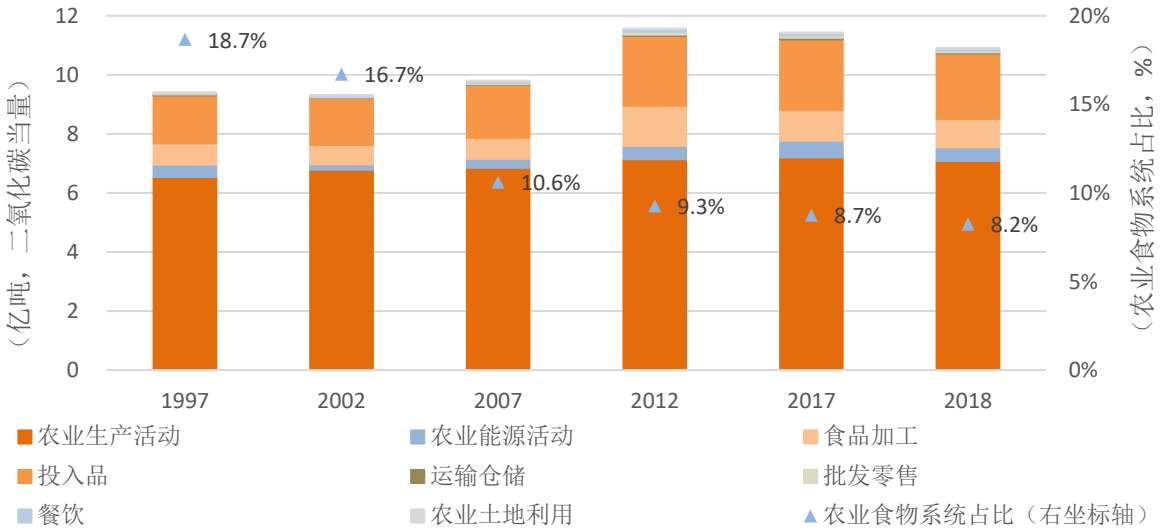
- **农业活动(65%)+农业食物系统能源消费（35%）**
- 食品加工业（8.8%），农业能源消费（4.3%）；
  投入品（20.3%）
- 2017-2018年连续两年下降，2018年比2016年下降4%

图1. 1990-2018年中国农业生产活动温室气体排放及其占排放总量比重



数据来源：FAO数据库

图2. 1997-2018年中国农业食物系统温室气体排放量



数据来源：作者计算

四 转型路径选择（1）

农业食物系统转型路径模拟

- 农作物技术提高情景（TechCR）
  - 高 中 低
    - 水稻单产 +25% +20% +15%
    - 小麦单产 +40% +35% 25%
    - 玉米单产 +50% +45% 35%
    - 稻田减排：-50% -40% -30%
    - 化肥利用效率：+50% +40% +30%
- 畜牧业技术提高情景(TechLV)
  - 畜产品排放系数
    - 高：-50%
    - 中：-40%
    - 低：-30%
  - 饲料转化率
    - 高：+30%
    - 中：+20%
    - 低：+10%
- 减少食物损耗和浪费情景（Waste）
  - 高：-67%
  - 中：-50%
  - 低：-33%
- 饮食结构情景（Diets）
  - 畜禽肉消费
    - 高：40克/日
    - 中：60克/日
    - 低：75克/日
- 综合情景
- 提高能源效率
  - 万元GDP能耗年均降幅1-2个百分点
- 优化能源消费结构
  - 非化石能源的比例平均每年提高0.5-1个百分点

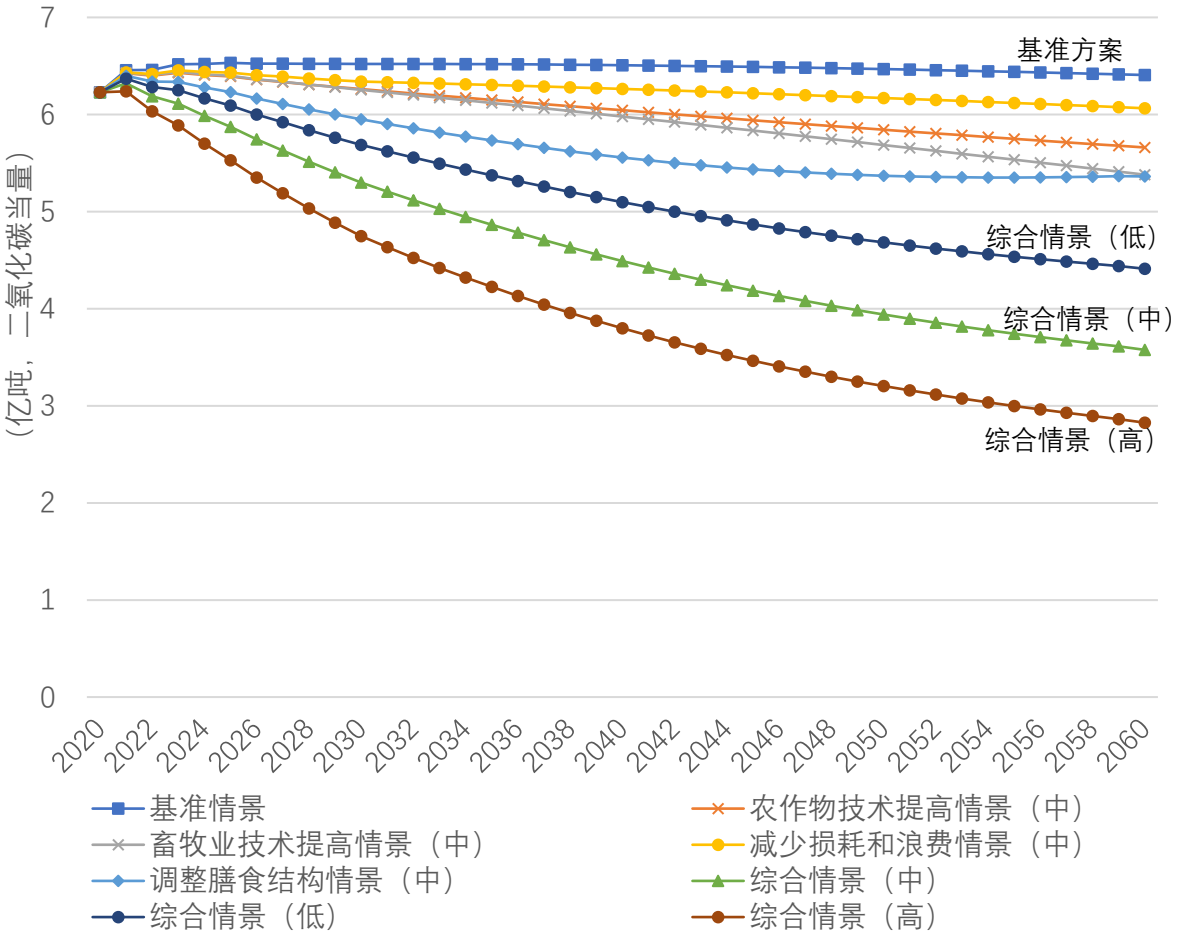
四 转型路径选择（2）

➢ 农业生产活动减排路径模拟

- 基准情景下，到2030和2060年，分别为6.52亿吨和6.4亿吨，比2020年分别增加4.7%和2.9%
- **采取提高农业生产技术、减少食物损耗和浪费、调整膳食结构等措施均能减少农业食物系统的温室气体排放**
  - 农业生产技术提高是最有效的减排措施，综合减排方案的效果最为显著
  - 在综合方案下，2060年，农业食物系统温室气体排放量可比2020年减少47%（中方案）

模拟路径	与基准情景2060年相比（%）	与基期2020年相比（%）
农作物技术提高	7-16↓	4-14↓
畜牧业技术提高	9-23↓	7-21↓
减少食物损耗和浪费	4-7↓	1-5↓
调整膳食结构	13-19↓	11-17↓
综合情景	31-56↓	29-55↓

图3. 2020-2060年五种模拟情景下中国农业生产活动温室气体排放量



数据来源：CASM模型结果

四 转型路径选择（3）

➢ 农业食物系统能源消费活动温室气体减排路径模拟

- 采取提高能源效率和优化能源消费结构综合减排措施，能源活动温室气体排放大幅减少
  - 2060年低、中、高方案比基准方案低20-77个百分点
  - 2060年比2020年减少28-79个百分点，中方案减少57%

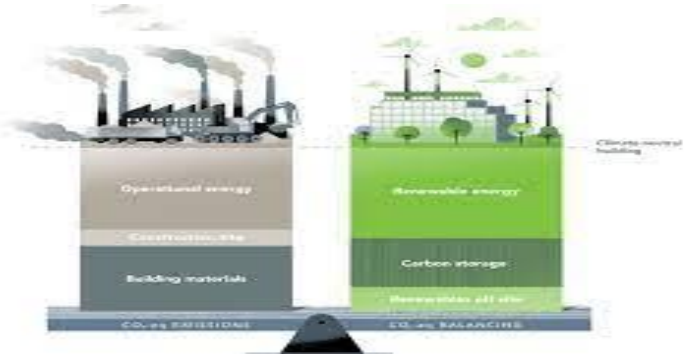
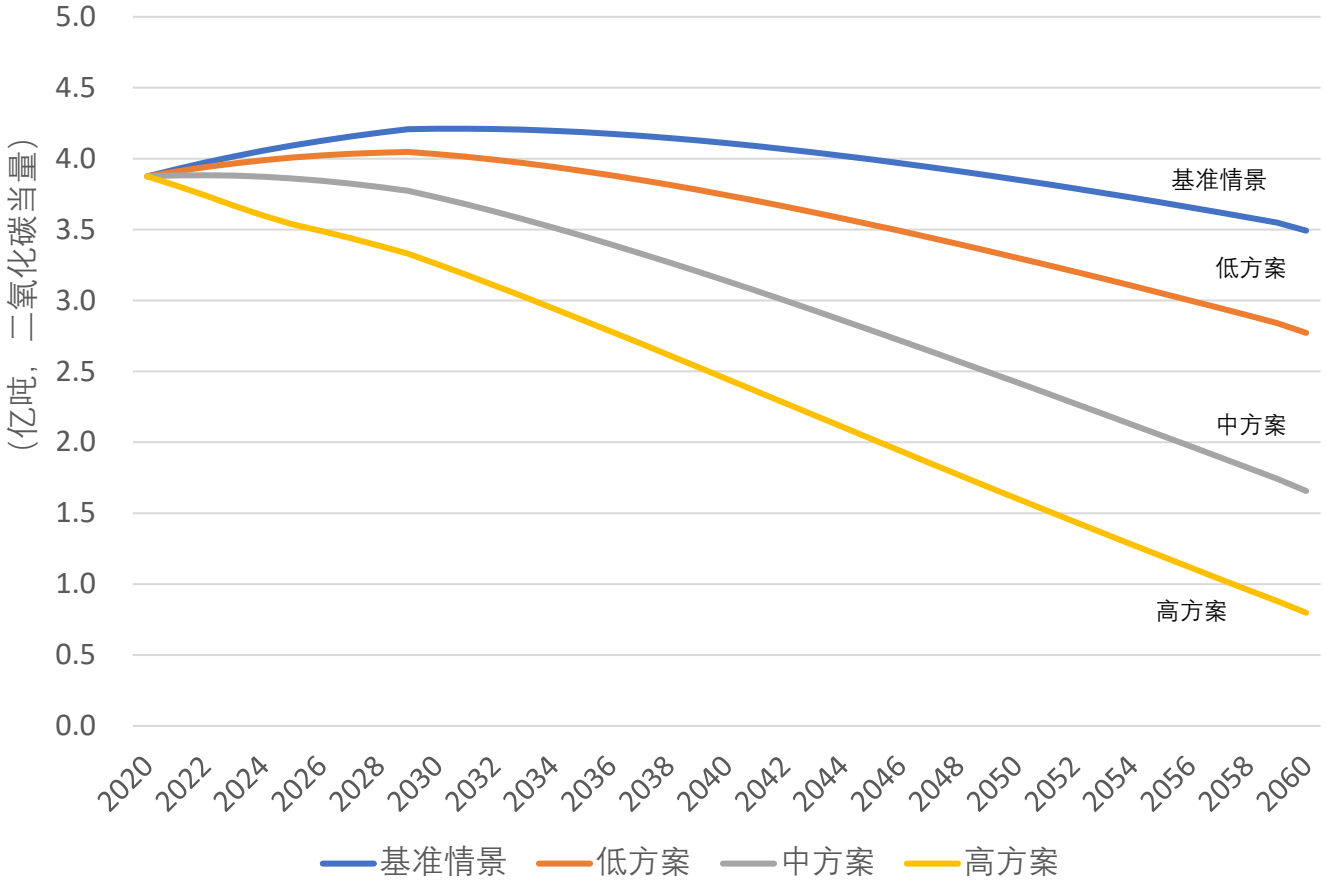


图4. 2020-2060年不同模拟情景下中国农业食物系统能源消费温室气体排放



数据来源：中国CGE模型结果

四 转型路径选择（4）

➢ 农业食物系统温室气体减排路径模拟

- 基准情景:2030年为11.7亿吨，比2020年增加7.7%，2060年下降到10.9亿吨

- 采取综合减排措施，使得农业食物系统温室气体排放量大幅减少
  - 2060年低、中、高方案比基准方案低17-63个百分点
  - 比2020年低19-63个百分点
    - ✓ 中方案将使得2060年排放比2020年减少47%

- **农业食物系统减排与增加林业碳汇相辅相成，可为实现碳中和目标做出更大贡献**
  - 2060年，如果碳汇增加至16亿吨，除了抵消农业食物系统的温室气体排放外，仍有近10亿吨碳汇节余

图5. 2020-2060年不同情景下中国农业食物系统温室气体排放

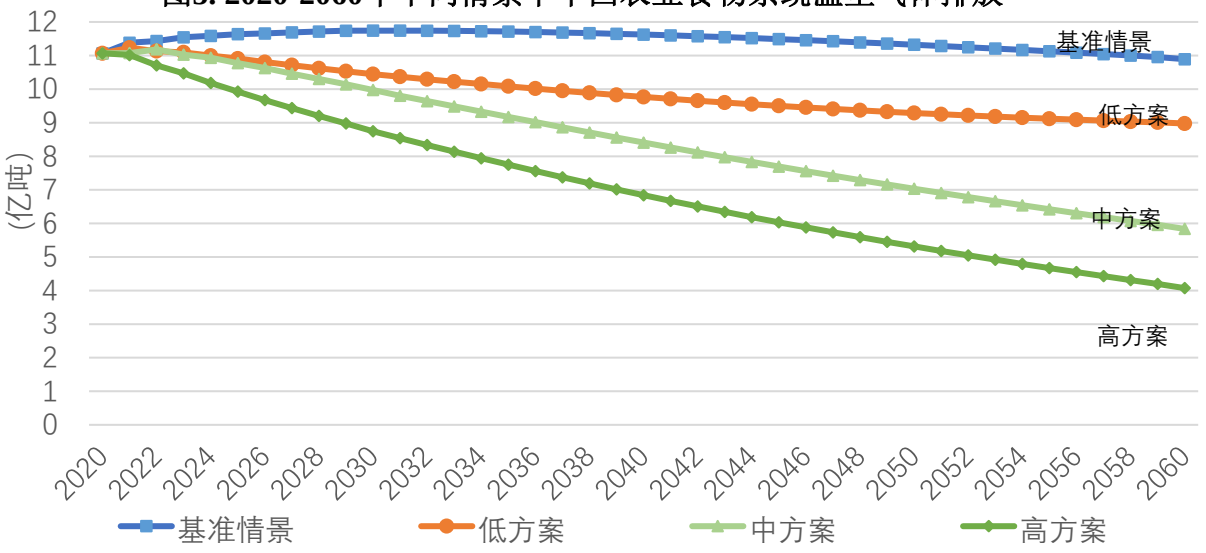
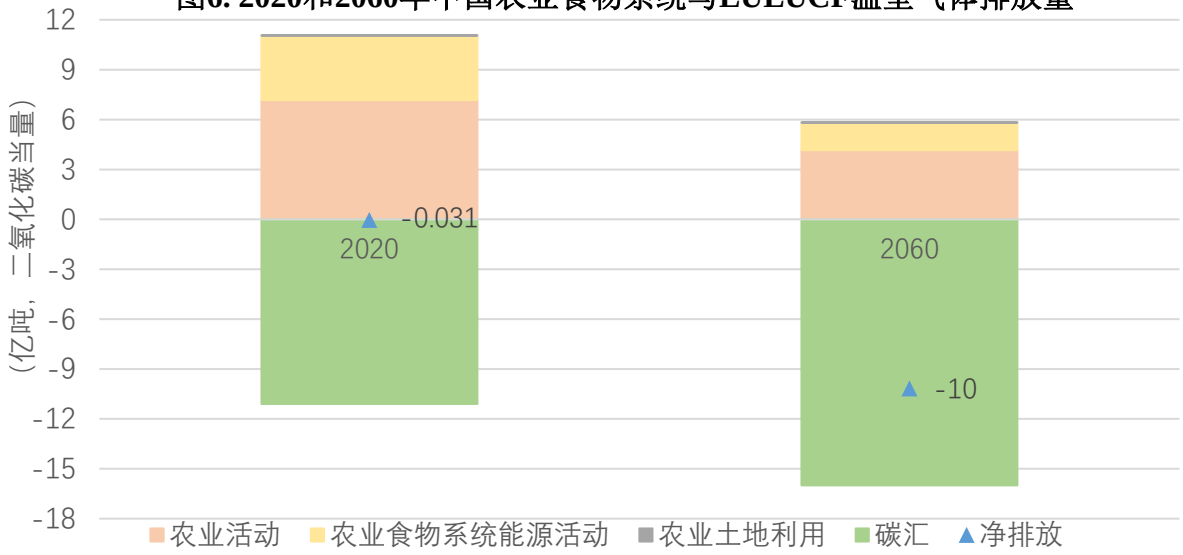


图6. 2020和2060年中国农业食物系统与LULUCF温室气体排放量



数据来源：CASM和中国CGE模型结果

五 政策建议

- **加快制定农业食物系统的综合减排战略和精准减排路径**
  - 同时从供给和消费两端着手，分别制定覆盖各种产品产业各产业链个环节的减排措施
- **鼓励开发和应用多赢的农业技术**
  - 持续优化农业补贴政策体系和加大农业科技投入力度，调整农业科技创新领域
- **让消费者成为碳中和行动的积极参与者**
  - 倡导居民减少食物浪费，引导居民科学调整膳食结构，在保障居民健康的前提下，合理减少肉类消费
- 在坚守18亿亩耕地红线的基础上，**强化国土空间规划和用途管控，增加碳汇**
  - 使因技术提高、食物损失浪费减少、膳食结构调整等措施而节约的土地，因地制宜转化为草地、林地和湿地等，提升生态系统碳汇增量
- **加快碳汇市场建设，让农民能够积极参与碳汇市场交易**，在减排的同时增加收入

非常感谢！