（项目logo）

中国能源模型论坛研究报告

第12期

农业领域低排放发展战略及路径分析

**合作伙伴logo**

中国能源模型论坛主题研究2（CEMF02）

中国2050低排放发展战略研究

2019年12月

农业领域低排放发展战略及路径分析

【编者按】中国能源模型论坛旨在集合国内外能源、经济、环境研究领域领先的模型团队，共同探讨模型方法学的最新进展与未来趋势，促进国内外模型团队的写作、互动与沟通，提高模型团队开发和应用模型的能力，提升研究成果和政策建议的针对性、时效性、可实施性及影响力，加强模型工作者与政策制定者之间的交流。

《巴黎协定》邀请所有缔约方在2020年前提交长期温室气体低排放发展战略。习近平主席在十九大报告指出：加快生态文明体制改革，建设美丽中国。到2035年，生态环境根本好转，美丽中国目标基本实现；到本世纪中叶，把我国建设成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国。

CEMF02于2016年底启动，旨在运用并比较多种不同的能源、经济、环境模型，以十三五、十四五的近中期发展目标为实践节点，并探讨到2050年的低温室气体（包括非二氧化碳温室气体）排放发展的长期目标，构建符合中国技术的政策要求的低排放发展路径。

为实现研究目标，CEMF委托国内知名模型团队开展了相应研究，包括：

* 宏观经济模型组。利用自上而下的宏观经济模型，分析和讨论2050中国宏观经济情景。
* 能源系统模型组。利用自下而上的能源系统模型，实现特定社会经济情景下能源供给与需求的平衡。
* 农业与土地利用组。具体分析农业温室气体排放和土地利用碳汇。
* 废弃物与非二氧化碳排放组。具体分析城市垃圾、其他废弃物、废水的温室气体排放，油气行业中产生的甲烷排放等。
* 环境污染与健康组。具体分析大气环境、水环境、土壤污染和人体健康的关系。
* 气候变化与适应组。具体开展气候风险性评价，脆弱性评价及生态系统适应评价。

本研究工作是在CEMF学术委员会的指导下完成的，研究过程中，得到了来自清华大学、北京大学、中国农业科学研究院、国家发展和改革委员会能源研究所、国家应对气候变化战略中心、国家信息中心、国务院发展研究中心、交通部科学研究院、中国环境科学研究院、生态环境部环境规划院等多家单位的专家学者的大力支持，同时也离不开CEMF秘书处的协调工作。

CEMF研究报告将陆续刊发CEMF02各研究报告的摘要版本，供读者参考。如您对本研究有咨询和建议，请联系北京市清华大学公共管理615室，中国能源模型论坛（100084），或发送邮件至cemf@tsinghua.edu.cn。我们的官方网站是[www.cemf.net.cn](http://www.cemf.net.cn)。

## 农业领域低排放发展战略及路径分析

1. **研究背景**

农业生产在我国国内生产总值中占比为8.7%（2014年），在保障国民基本生活的粮食、蔬菜和肉蛋奶供应方面的作用不容置疑。农业生产活动包括种植业和养殖业两大部分，其中按土地利用类型，种植业又分为旱地种植和稻田种植。在保证国民基本生活的同时，农业生产活动也不可避免地向大气中排放了大量温室气体，主要是非二氧化碳温室气体，包括氧化亚氮（N2O）和甲烷。但另一方面，合理的农业管理措施可使得土壤中收汇相当量的有机碳，减少向大气的二氧化碳排放，也称土壤碳汇。

2014年数据表明，农业生产的三大类活动，旱地作物生产、水稻生产、养殖业动物肠道发酵及畜禽废弃物处理产生的温室气体占我国国家温室气体总排放量的8.3%，是国家温室气体清单中不可忽略的一个部分。农业生产在保障国民食物生产的同时，也需要进行合理的生产管理，尽可能减少向大气排放温室气体并增加土壤碳汇，达到减缓气候变化及农业可持续发展的双赢目标。

本研究根据国家的中长期发展规划和当前技术的发展状况，设置了中等减排力度和高减排力度2种可能的减排情景，并对比未采取措施的对照情景进行比较，分析未来农业生产活动的低排放路径及可能的减排量，为农业领域低碳发展及国家自主贡献能力的估算及可能的减排技术和路径提供数据支撑和策略选择依据。

由于农业生产中不同类型活动的温室气体排放过程多为生物学过程，有不同的生物学机理及驱动因素，同时受管理措施及环境因子的巨大影响，不同领域产生温室气体的估算方法及模型发展也不尽一致，有的活动还没有建立起可用的模型及可操作的参数获取路径，因此，目前就该领域可利用的方法及其可操作性，对三种主要的农业生产活动的温室气体低排放路径分别采用不同的方法进行估算，基于不同领域的技术发展设置不同的管理情景而进行。下面分别简要介绍中国三大类农业生产活动的未来低排放路径及可能的减排量。

1. **旱地农田种植的温室气体排放及碳汇未来估算**

1、氧化亚氮（**N2O**）**排放估算方法**

本研究采用经验模型法（Yue等，2018）对旱地农田N2O排放进行估算。该经验模型是通过收集到的104个田间实验在2001-2016期间共853个N2O排放数据而建立起来的。该经验模型以氮肥用量、施用地区年均温、作物类型、当地土壤粘粒含量、有机肥施用与否等建立了经验模型。

本研究将旱地农田分为粮田、菜地、果园三大类，由于不同类型农田的氮肥用量水平差异较大，因此本研究对省级尺度上的旱地农田N2O排放估算方面更为精细，能比较不同种植类型下旱地农田的N2O排放特征以行政省为计算单元进行未来估算。蔬菜种植面积占所有作物种植面积的比例与参考未来城市化率进行设置，耕地面积设定保持不变。

**2、旱地N2O低排放情景设置**

影响N2O排放的管理因素主要是氮肥用量和类型，因此本研究设置了未来不同的氮肥结构（农业生产中速效氮肥和稳定性氮肥或缓释肥的占比），当前稳定性氮肥的占比不足5%，因此“中等减排力度”情景设置为到2050年稳定性氮肥占比30%，高减排力度情景下到2050稳定性氮肥占比100%，并设置加强版“高减排力度2”情景，即在高减排力度情景下氮肥减量20%。

3、**旱地N2O未来排放**

到2050年，基准情景（BAU情景）下旱地农田种植的N2O排放为89.95MtCO2-e，而3个减排力度情景下，N2O分别比基准情景减排4.2%、14.4%和24.1%。

4、**旱地农田土壤碳汇估算方法**

影响土壤碳汇的主要管理措施有施用有机肥、秸秆还田和免耕等。中国旱地农田主要分布在北方，本研究对旱地农田土壤碳汇的估算采用Daycent模型法，北方旱地的模型模拟单元为15-20公里网格（各区略有不同），南方旱地农田土壤碳汇模拟单元略粗（以土类为模拟单元）。

5、**旱地农田土壤碳汇估算结果**

模拟结果显示，有机肥替代30%的肥料氮、秸秆还田和免耕，到2050年旱地农田土壤碳汇分别为8.4MtCO2、10.0 MtCO2和11.1MtCO2；分别可抵消同期对应情景下旱地N2O排放量的3.7%、4.4%和4.7%。

**（三）稻田土壤温室气体排放及土壤碳汇低排放路径**

1、稻田GHG**排放估算方法**

本研究将气温、土壤容重（BD）、有机物料投入（OMc，kgC/ha）、水分管理（Coe\_IRRItype）、水稻产量这几个因子作为自变量，甲烷日均排放量作为因变量，通过逐步回归方法，分不同的区域（东北稻区、南方早稻、南方晚稻、南方单季稻）建立经验模型。用于建立经验公式中参数的数据库，包括140篇文献中921个甲烷排放田间观测数据，此外还有甲烷抑制剂使用的田间试验共10组观测值，生物质炭应用的田间试验共211组观测值。

关于稻田N2O排放估算方法，本研究根据文献收集到的209组稻田氧化亚氮观测数据建立的数据库，采用氮肥用量乘以排放因子的方法进行估算。

对于甲烷减排的管理情景，主要设置了不同水分管理（持续淹水、间歇淹水+覆膜旱作）、生物质炭施用、甲烷抑制剂施用所能实施的稻田面积，中等减排力度情景设定到2050年间歇淹水+覆膜旱作、生物质炭施用、甲烷抑制剂三种措施的稻田实施面积分别占比90%、9%。和1%；高减排力度情景分别设定这三种措施的稻田实施面积占比为80%、20%、和0%。

甲烷减排管理情景设置

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 2050年情景设置 | 间歇淹水+覆膜旱作 | 生物质炭施用 | 甲烷抑制剂 |
| 中等减排力度情景 | 90% | 9% | 1% |
| 高减排力度情景 | 80% | 20% | 0% |

对于稻田N2O排放的管理情景或路径，氮肥结构及用量未来情景依照前述旱地N2O排放的情景设置，及中等减排力度和高减排力度分别设置到2050年稳定性氮肥占比为30%和100%。

2、稻田GHG**排放估算结果**

估算结果显示，1）中国稻田温室气体总排放量（氧化亚氮+甲烷）中，甲烷为主要的温室气体，占比在90-96%之间。2）在中等减排力度情景下，稻田温室气体总排放量为1.82亿吨CO2-e（2030年）和1.53亿吨CO2-e（2050年）；在高减排力度情景下，排放量为1.71亿吨CO2-e（2030年）和1.41亿吨CO2-e（2050年）。两种减排力度分别比BAU减排28.35和34.1%。

3、**稻田土壤碳汇估算方法**

本研究从稻田土壤源汇GWP的综合角度考虑，未推荐在稻季施用有机肥，可以在水稻收获后的非淹水期施用有机肥或秸秆还田等措施提高稻田土壤有机碳，避免新鲜有机物在稻季产生大量的甲烷排放。本研究推荐的稻田土壤碳汇增汇措施为将多余秸秆炭化为生物质炭施入稻田土壤中增加土壤有机碳。

生物质炭中的碳有70%可以在100年尺度上长期稳定保存，本项目采用此估算方法，将作物产量与草谷比、秸秆可收集系数结合，计算得出用于生产生物质炭的秸秆资源量。中国目前秸秆还田比例大约一半，而未被利用的秸秆为18%，因此，可假设未被利用的稻田秸秆有一半可通过炭化还田，即到2050年设置9%和20%的秸秆可通过炭化还田的中等力度和高碳汇力度

【**稻田土壤碳汇估算结果**】在中等力度和高固碳力度下 ，到2025年，中等稻田土壤固碳量分别为194.8万吨碳及432.9万吨碳，折714.3万吨CO2-e和1587.2万吨CO2-e；增加的碳汇分别能抵消相应力度下稻田温室气体排放总量的10.3%和11.3%，需要国家大力发展和扶持秸秆生物炭产业的发展及推广利用工作。

**（四）养殖业温室气体未来低排放未来估算**

1、**饲养动物肠道发酵甲烷排放及畜禽粪便处理的甲烷及N2O排放估算方法**

以我国“省级温室气体清单编制指南”为主，按照不同动物在几种饲养方式（规模化饲养、农户饲养、放牧饲养）下肠道发酵甲烷和粪便管理的甲烷和N2O排放因子。肠道发酵甲烷排放的主要参数包括不同动物的每日易挥发固体排泄量及粪便的最大甲烷生产能力；粪便管理甲烷和N2O排放估算中的主要参数为不同管理方式下各种动物粪便的甲烷及N2O排放参数。

根据过去20年人口数量与不同饲养动物的数量建立回归方程，进而预测在未来年份人口发展所对应的动物饲养需求量。

饲养动物肠道发酵的未来管理情景，主要根据三种不同饲养方式下的动物占比，设置中等减排力度情景和高减排力度情景，分别设定到2050年规模化养殖占畜禽养殖数量的75%和95%（表1）。在规模化饲养条件下再设置5种不同的饲养分组占比。畜禽粪便处理的未来管理情景在规模化养殖部分，设置酸化沼液占比，以分别对应相应的甲烷及N2O排放系数。

表1 饲养动物肠道发酵的未来管理情景设置

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 基准情景 | 中等减排力度情景 | 高减排力度情景 |
| 规模化养殖占畜禽养殖数量 | 54% | 75% | 95% |

2、**饲养动物肠道发酵甲烷排放及畜禽粪便处理的甲烷及N2O排放估算结果**

1）到2050年养殖业甲烷及N2O排放为64.4MtCO2-e，其中动物肠道发酵的甲烷占比约80%，动物粪便管理过程的甲烷排放占比18.5-20.7%，动物粪便管理过程中的N2O排放占比约0.2%。

2）中等减排情景和高减排情景下，养殖业甲烷及N2O排放总量可分别比基准情景减排27.6%和37.4%

最后需要说明的是，农业活动未来排放路径需要技术、资金、政策及农民接受度等多方面的支持。

**中立** **独立 协同 透明** **公正**

 Neutrality Independence Synergy Transparency Fairness

清华大学产业发展与环境治理研究中心

Center for Industrial Development and Environmental Governance

清华大学公共管理学院 615

Room 615, School of Public Policy and Management, Tsinghua University

邮箱：cemf@tsinghua.edu.cn

E-mail: cemf@tsinghua.edu.cn

电话：（010）62789263

Tel: （010）62789263

网站： [www.cemf.net.cn](http://www.cemf.net.cn)

Website: [www.cemf.net.cn](http://www.cemf.net.cn)

 

官网二维码 微信公众号

EDFlogo 清华公管学院logo CIDEGlogo