

中国农业温室气体减排措施的经济潜力¹

王雯^{1,4}, Dominic Moran², Frank Koslowski², Dali Rani Nayak³, Eli Saetnan⁵, Pete Smith³, Abbie Clare², 林而达¹, 郭李萍¹, Jamie Newbold⁵, 潘根兴⁶, 程琨⁶, 严晓元⁷, Laura Cardenas⁸

¹ 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, ²Land Economy and Environment Research Group, Scotland's Rural College, UK, ³University of Aberdeen, Aberdeen AB24 3UU, Scotland, ⁴Climate Economics Chair, Paris-Dauphine University, France, ⁵Aberystwyth University, UK, ⁶南京农业大学, ⁷中科院南京土壤研究所, ⁸Rothamsted Research, UK

摘要

中国减少和控制温室气体排放面临一系列挑战,既包括对温室气体排放源的认识也包括对各个行业技术减排潜力的评估。由于农业系统的生物物理复杂性和异质性,农业和土地利用的温室气体排放核算和减排尤其具有挑战性。SAIN已有的研究有助于我们理解农业领域减排措施的技术潜力。但出于政策考虑,另外一个重要的问题是如何将技术潜力转换成可行的经济潜力,从而了解相对于其他经济部门农业减排措施的成本和整体减排潜力如何。本期政策简报通过创建中国农业边际减排成本曲线(MACC),概述了中国农业部门的经济减排潜力。结果显示农业在2020年可提供约4.12亿吨二氧化碳当量(CO₂e)的最大技术潜力,其中1.31亿吨CO₂e可通过负成本实现(即成本节约)。另外,3.46亿吨CO₂e(约占总量的29%)的减排成本≤370元(约£40)每吨CO₂e。我们在此列出边际减排成本曲线创建的基本假设并分析实现减排潜力的一些障碍。

¹ 该简报基于中英合作项目“未来中国农业温室气体排放评价与减排措施”的研究结果。该项目由英国环境食品及乡村事务部(Defra)和中国农业部的资助。该项目为中英可持续农业创新协作网(SAIN)的一部分(见 www.sainonline.org)

前言

2005年中国温室气体排放中的11%来自农业活动，占全国甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）排放总量的57%和74%。反刍动物肠道发酵、水稻种植（淹水厌氧环境）和动物粪便管理为农业CH₄排放源，而农田氮肥投入、放牧和动物粪便管理为主要的农业N₂O排放源。在未来10-20年，随着中国人口的进一步增长，粮食需求将相应增加，同时饮食结构将向诸如蛋奶类碳强度高的产品变化，可以预计中国农业温室气体排放将持续增加。

农业作为温室气体的重要排放源，同时也提供了较大的减排潜力，而农林生态系统作为汇固定和吸收二氧化碳更是备受关注(例如 IPCC, 2007)。目前中国的农业温室气体控制政策以提高效率为核心。国家十二五规划明确十二五期间单位GDP二氧化碳排放降低17%，氨氮排放总量降低10%，农业部也启动一系列规划确保到2015年肥料利用率相比2010年提高3%，灌溉水利用效率提高6%，并逐渐恢复退化草地。

目前的研究表明众多的减排技术可以减少中国种植业和畜牧业生产过程中的温室气体排放。这些减排措施可以概括为：提高氮肥利用效率，减少反刍动物CH₄排放，农田和草地土壤碳固定和提高农业能效减少CO₂排放。同时，有分析表明(Wreford *et al.*, 2010)，众多减排措施和农田管理技术在不大幅度改变现有耕作方式的条件下能以较低的成本实现缓解气候变化的目标，且能节省农业投入成本和提高产量，达到‘双赢’。另外，大部分合理的农业生产措施还能取得保持水土、维护生物多样性、扶贫等促进农业可持续发展的协同效应，这对中国等发展中国家来说尤为重要。

中国现有的研究已经对适合中国农业的某些减排措施的技术潜力进行量化(Lin *et al.*, 2005; Lu *et al.*, 2009; Huang and Tang, 2010; Saetan *et al.*, 2013; Nayak *et al.*, 2013)。在此基础上，Zhang等（2013）针对氮肥生产和消费链进行了生命周期排放分析。但关于减排措施的成本效益分析较少。而分析农业减排的经济潜力与技术潜力同等重要，这一点将随着中国碳排放交易制度的不断发展而逐渐体现出来。

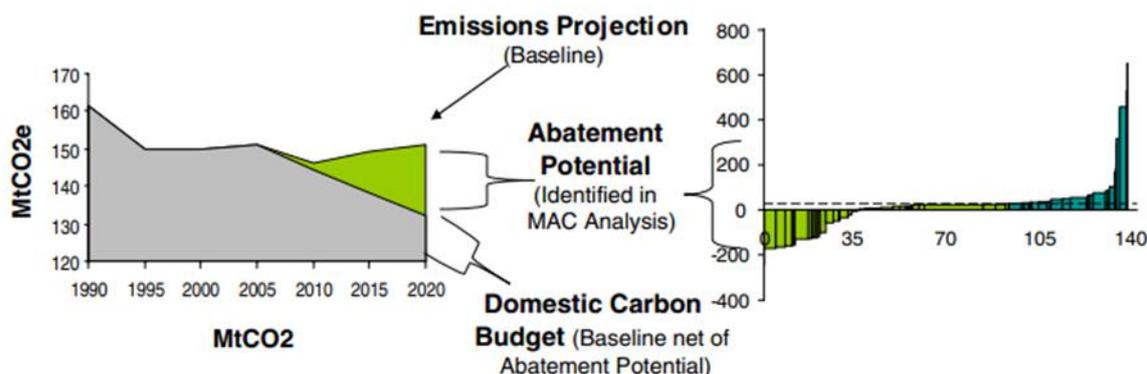
技术潜力与经济潜力比较

要理解可行的农业减排措施潜力，需要采用合理的方法对其进行评估。大部分SAIN的缓解研究主要集中在不同地区和生物物理条件下减排措施的技术应用，这提供了在经济照常发展（BAU）情景下，所有可行的减排措施全部实施后能达到的最大或上限技术减排潜力。

但技术上可行的措施对于农民和更广泛的社会而言，成本通常有所区别。有效的政策应当寻求首先实施成本最低的减排措施。经济潜力评估不但考虑到各项措施的实施成本，同时评估各项措施的普及率，后者受制于各种推广障碍。因此需要对减排措施的成本效益（CE）进行排序并估算其年累计减排潜力（图1中右侧）。通过设置减排成本

的基准碳价格阈值，可以得到经济潜力（图1中左侧）。设置此阈值将排除成本较高的措施，因此定义的经济潜力小于最大技术潜力。

图 1: “自下而上” 边际减排成本曲线示例与行业减排预算的关系



右图中的每个柱子对应一项减排措施，柱子的高度显示这项减排措施减少一吨CO₂e的成本，柱子的宽度表示广泛实施这项减排措施每年所能达到的整体减排量。位于x轴以下的柱子意味着减排排成本为负-即减少排放的同时能节省成本。因此，最大的经济和环境收益可以从宽度最大和位于x轴以下高度最大的柱子对应的减排措施中获得。反之，在x轴上方的是相对昂贵的措施。因此，政策实施需要首先关注低边际成本的措施。在左图中，通过实施相对基线情景减排成本效益最高的措施，能够确定额外的经济高效的减缓潜力。来源：Moran等（2011）。

边际减排成本曲线（MACC）的创建

我们采取了自下而上的方法，在最大可行的情景下，构建了2020年全国范围的农业边际减排措施成本曲线 (Beach *et al.*, 2008; De Cara and Jayet, 2011; Moran *et al.*, 2011)。尽管农业中排放源和减排存在时间和空间异质性，自下而上的边际减排成本曲线对减排措施的成本有效性和农业行业的整体减排潜力给出了初步的评估。

缓解措施：成本有效性和适用性

自下而上的方法考虑了所有技术上可行的措施，通过文献检索和专家意见甄选出适合中国农业条件的措施（见表1）。关于种植业和畜牧业措施的进一步解释列于附件表S1和S2。

单位面积或者单个动物的减排速率是通过基于中国实验数据的荟萃分析方法得到 (Nayak *et al.*, 2013, Saetnan *et al.*, 2013)。作为重要的减缓气候变化的方式，土壤有机碳的变化也包含在单位减排量的核算中。

表1:适合中国农业条件的减排措施

种植业		畜牧业与草地	
序号	措施	序号	措施
C1	肥料最佳管理措施- 合理施用量	L1	粪便沼气处理
C2	肥料最佳管理措施（小麦和玉米）- 合理施肥时间和方式	L2	纯种牲畜繁育
C3	稻田中水肥最优化管理	L3	饲料离子载体抗生素添加剂
C4	肥料最佳管理措施（经济作物）- 合理肥料品种、施肥时间和方式	L4	茶皂素添加剂
C5	高效肥料	L5	益生菌添加剂
C6	有机肥的高效回田利用	L6	调整粗精粮比
C7	旱地保护性耕作	L7	35% 的草地禁牧
C8	旱地秸秆还田	L8	降低放养率- 中等放牧强度
C9	生物质碳	L9	降低放养率- 轻度放牧强度

每项措施的实施成本是根据，相比传统的农业实践，农业投入（如化肥，农药，种子，饲料添加剂，额外饲料），购买成本，投资，劳动力，机械和灌溉成本，及产量的变化计算得到。对于牧民，使用从内蒙古不同农场的调查数据。本研究只考量措施实施对农民的直接成本，而不考虑间接成本和社会成本/利益。前者包括政府补贴的变化和农业推广服务的改善带来的相关成本。社会成本是指实施措施（如减少水体污染）引起的更广泛的环境影响。采用社会折现率7%，项目的生命周期成本转换成2010年的现值。

边际减排成本曲线的创建需要定义一个经济照常发展或者基线情景。本研究采用IPCC 2006年国家温室气体清单指南中的方法，并结合预测的农业活动水平与中国特有的农田和粪便管理 N_2O 排放因子和肠道发酵和粪便管理的 CH_4 排放因子 (Zhou *et al.* 2007; Gao *et al.*, 2011) 计算了未来基线情景下农业的温室气体排放量。基线情境下措施的推广率从相关政策目标或者历史趋势中获得，而2020年措施的额外最大推广率主要是基于专家判断和具体减排措施的适用性估算。

措施交互性

当某项减排措施与其它措施联合施用时，其成本效益和单位减排率可能会发生改变。我们对种植业的减排措施进行了施用优先级排序从而部分解决了措施交互性的问题—后续措施的减排率估算应该基于已实施措施控制氮肥的累积效应。在此基础上，对某些可能应用重合的措施进行进一步的处理，以避免类似作用的措施重叠（例如，有机肥和生物炭），或有从属关系的措施重叠（例如，保护性耕作和秸秆还田）。然

而，当增加有机肥与保护性耕作或秸秆还田联合施用，三者的独立减排效应会打折。因此，我们对小麦和玉米地的这三种措施的独立减排率分配以交互系数0.8。

由于指定了放牧的强度等级，针对草地的三个减排选项是互斥的。由于缺乏更详细的数据，我们假设中国约1/3的草原实施放牧强度控制。假定农民将不会在同一饲料中使用多种饲料添加剂，其他的畜牧业措施也不存在交互作用。为了避免重复计算，认为四种饲料添加剂的应用机会均等，且所有牲畜的饲料中只添加一种以上讨论的饲料添加剂。

结果

基线排放由图2中的红线表示。表2总结了减排措施的减排率，成本效益，额外的应用推广和整体年减排潜力（参阅附件的详细信息），图3为中国农业的边际减排成本曲线。

表 2：减排措施的减排率、成本效益和减排潜力消减率，成本和缓解缓解潜力

措施 标号	年减排率		成本 (2020年)		成本效益 (2020年)	额外应用 (2020年)	减排潜力 (2020年)
	(tCO ₂ e ha ⁻¹)	(CO ₂ e in % SU ⁻¹)	(¥ ha ⁻¹ , 2010 水稻)	(¥ SU ⁻¹ , 2010 水稻)**	(¥ tCO ₂ e ⁻¹ , 2010 水稻)	(M ha)	(MCO ₂ e)
C1	0.412		-228		-435	58.63	30.65
C2	0.201		-620		-3085	56.65	11.38
C3	1.337		464		347	17.93	23.98
C4	1.219		-2295		-1883	17.94	21.86
C5	0.271		63		231	57.23	15.54
C6	0.596		527		1576	120.11	40.19
C7	0.489		-107		-1692	22.98	1.46
C8	0.21		70		2209	30.06	0.95
C9	0.329		1804		5478	9.9	3.26
L1	2*		-500*		-32	***	58.66
L2		4.1		-28	-2005	***	4.27
L3		5.8		-43	-1668	***	1.95
L4		15.4		6	98	***	23.18
L5		0.6		-12	-5131	***	0.76
L6		14.3		126	2251	***	21.49
L7	1.067		300		281	56.98	60.78
L8	0.705		63		89	57.85	40.77
L9	0.877		317		362	57.85	50.72

* 每个户用沼气池

** 单位羊 (SU) 是比较不同动物种类的一个标准单位。转换比例是羊：1，山羊：0.9，牛：5，奶牛：7。这仅仅是一个近似简化，一般仅在放牧系统中应用。因此应当谨慎解释核算成本。

***见附件表 S5 的应用潜力

在最大可行的减排情景下，2020年可减少4.12 亿吨CO₂e（其中1.49亿吨来自农田减排），占农业基线排放的35%（图3）。如果不考虑土壤固碳，减排潜力只有2.15 亿吨CO₂e 为基线排放的约18%（图2）。图2同时表明，在2020年约11%（1.31亿吨CO₂e）的减排潜力为负成本；另外3.46亿吨CO₂e（占总量的约29%）的减排潜力的实施成本≤370元CO₂e⁻¹。

图 2: 中国农业基线温室气体排放和减排情景

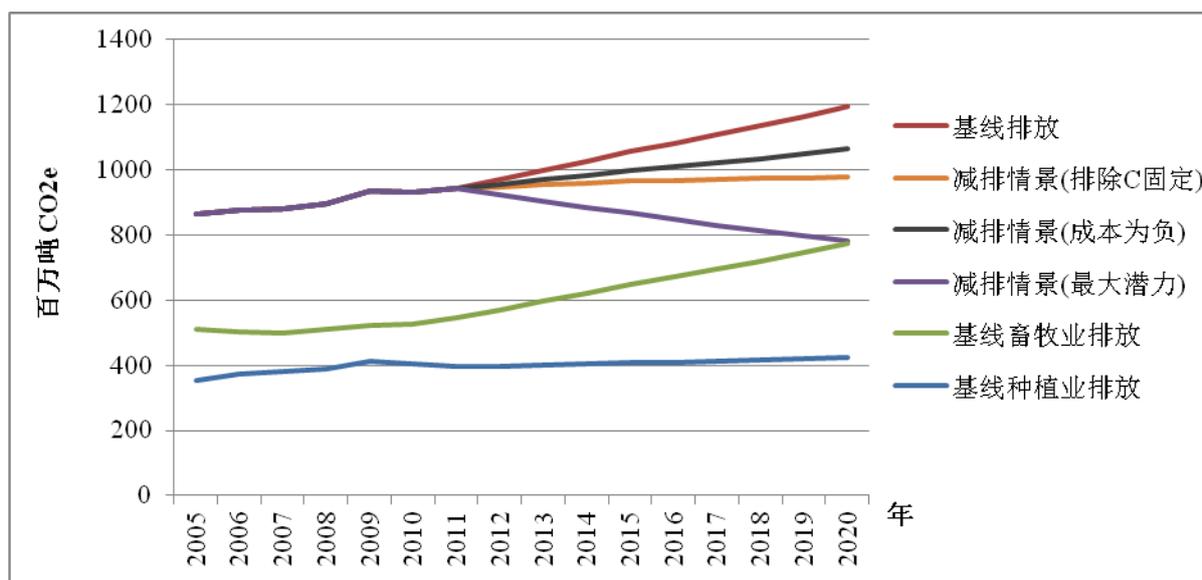
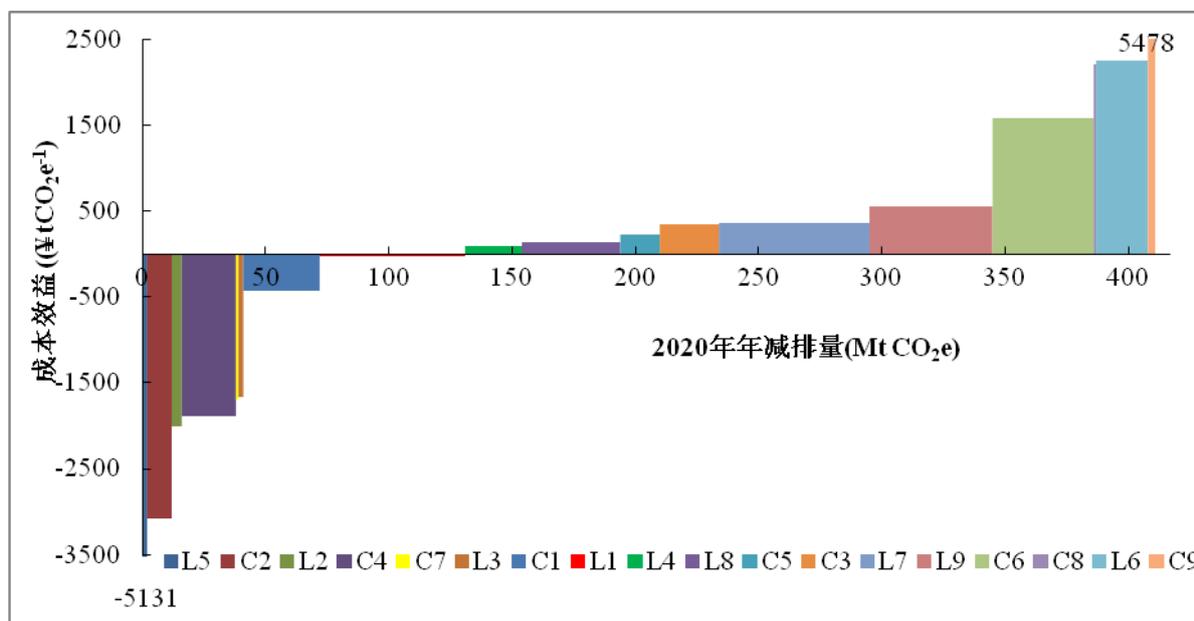


图 3: 2020年最大可行的农业边际减排成本曲线



成本效益最高且减排潜力巨大的措施是一系列能提高产量的肥料最佳管理实践。在畜牧业中，益生菌添加饲料和生物质气化(沼气池)实施成本为负，具有推广应用前景。沼气池是所有措施中减排潜力第二高的措施，并且能通过节省农户耗能节省成本。虽然更高效回收利用有机肥也具有显著的减排潜力，但其推广应用受到有机肥价格或者堆肥高劳动力要求的限制。生物炭应用到土壤和增加牲畜的精粮成本很高，需要更深入的科学研究才能使其具有经济可行性。保护性耕作，秸秆还田，育种实践和抗生素添加剂的减缓潜力有限，是由于政策的要求在基线情景下已经较普遍推广或者受制于政策监管。图3中的减排情景假设措施的推广率在年际间线性增加。

讨论

本研究分析总结了2020年中国农业温室气体最大可行的减排潜力为4.12亿吨CO₂e，可以减少基线情景下35%的排放。最具有成本效益的措施是a) 肥料最佳管理技术，b) 保护性耕作，c) 粪便厌氧消化，D) 牲畜养殖，E) 饲料添加益生菌，和 f) 饲料添加抗生素。虽然抗生素是一个双赢的选项，但应用很可能遭到消费者的反对(Eckard *et al.*, 2010, Hvistendahl, 2012)。益生菌和茶皂素可以作为减少瘤胃甲烷排放的有效措施。茶皂素大量存在于茶叶生产的废弃物中，因此随着进一步的研究将具有很大的应用空间。分析结果也显示出改进的氮肥和粪便管理实践与改善的灌溉系统的重要性。

本研究也存在一些不足之处，但这些问题将随着中国农业与气候变化研究的进展而改善。首先，边际减排成本曲线建立在很多的假设基础之上，比如未来价格，对产量影响，基线和减排情境下措施的适用性，以及固碳的可变性等，都会造成结果的不确定性。

其次，这项研究只考虑了措施对于农民的私人成本。未来的研究可考虑涉及其它更广泛的环境和社会成本，而各项措施的成本效益将相应随之改变。

第三，虽然许多措施的实施能提高农民收入，但改变农民持续过度使用化肥投入还面临诸多挑战。这包括由于补贴使得传统化肥的价格相对低廉，农民未接受正确合理施肥的教育，以及基层农业推广服务的不足等。农业劳动力的缺乏问题也成为制约减排措施推广的重要障碍。Zhang *et al.* (2013) and Moran *et al.* (2013) 对实施障碍和相应的政策应对做了详尽的探讨。

尽管有以上不足之处，我们研究的结果仍然可以为现有的农业政策（包括补贴）的调整以及农业基础设施和推广服务的改善提供有用信息，从而为具有明显成本效益和附加效益措施的推广铺平道路。从更广泛的角度来看，该研究的农业减排经济潜力评估将为未来衡量农业对国家气候目标的贡献奠定基础，并对将来农业通过碳抵消项目或者强制减排市场参与碳市场提供借鉴。

参考文献

- Beach, R. H., DeAngelo, B. J., Rose, S., Li, C., Salas, W., & DelGrosso, S. J. (2008). Mitigation potential and costs for global agricultural greenhouse gas emissions. *Agricultural Economics*, 38(2), 109-115.
- De Cara, S., & Jayet, P. A. (2011). Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement. *Ecological Economics*, 70(9), 1680-1690.
- Eckard, R. J., Grainger, C., & De Klein, C. A. M. (2010). Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science*, 130(1), 47-56.
- Gao, B., Ju, X. T., Zhang, Q., Christie, P., & Zhang, F. S. (2011). New estimates of direct N₂O emissions from Chinese croplands from 1980 to 2007 using localized emission factors. *Biogeosciences Discussions*, 8, 6971-7006.
- Huang, Y., & Tang, Y. (2010). An estimate of greenhouse gas (N₂O and CO₂) mitigation potential under various scenarios of nitrogen use efficiency in Chinese croplands. *Global Change Biology*, 16(11), 2958-2970.
- Hvistendahl, M. (2012). China Takes Aim at Rampant Antibiotic Resistance. *Science*, 336(6083), 795-795.
- IPCC (2007), Agriculture. In: Climate Change 2007-Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC (Vol. 4). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Lin, E.D., Li, Y.C., et al. (2005). *Chinese agricultural soils: carbon sequestration potentials and climate change*. The Science Press, Beijing. (in Chinese).
- Lu, F., Wang, X., Han, B., Ouyang, Z., Duan, X., Zheng, H. U. A., & Miao, H. (2009). Soil carbon sequestrations by nitrogen fertilizer application, straw return and no-tillage in China's cropland. *Global Change Biology*, 15(2), 281-305.
- Moran, D., Lucas, A., & Barnes, A. (2013). Mitigation win-win. *Nature Climate Change*, 3(7), 611-613.
- Moran, D., MacLeod, M., Wall, E., Eory, V., McVittie, A., Barnes, A., Rees, R. M., et al. (2011). Developing carbon budgets for UK agriculture, land-use, land-use change and forestry out to 2022. *Climatic Change*, 105(3-4), 529-553. doi:10.1007/s10584-010-9898-2
- Moran, D., MacLeod, M., Wall, E., Eory, V., McVittie, A., Barnes, A., Rees, M., Topp, C., Pajot, G., Matthews, R., Smith, P., Moxey, A. (2011). Developing carbon budgets for UK agriculture, land-use, land-use change and forestry out to 2022. *Climatic change*, 105(3-4), 529-553.
- Nayak, D., Cheng, K., Wang, W., Moran, D., Yan, X.Y., Guo, M., Cardenas, L., Pan, G.X., Smith, P. (2013). Technical Options to reduce greenhouse gas emission from 水稻 agriculture in China (In submission)
- Saetnan, E R, Cheng, Y F, Wang, J K, Zhu, W Y, Liu, J X, Newbold, C J. (2013) Mitigation of enteric methane emissions from Chinese livestock production: a meta-analysis of technical potentials (in submission)

- Wreford, A., Moran, D., & Adger, N. (2010). *Climate change and Agriculture*. OECD publishing.
- Zhang, W. F., Dou, Z. X., He, P., Ju, X. T., Powlson, D., Chadwick, D., ... & Zhang, F. S. (2013). New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(21), 8375-8380.
- Zhou, J. B., Jiang, M. M., & Chen, G. Q. (2007). Estimation of methane and nitrous oxide emission from livestock and poultry in China during 1949–2003. *Energy Policy*, 35(7), 3759-3767.

附录:

表 S1 作物/土壤减排措施和目标作物

序号	解释	目标作物
C1	直接减少整体氮肥过度施用。使氮肥的偏生产力达到该区域最佳值的 70%。	水稻, 小麦, 玉米, 蔬菜, 水果
C2	通过前 N 后移和增加追肥次数, 并对玉米的追肥深施进一步减少 N 肥使用量, 提高氮肥的偏生产力。	小麦, 玉米
C3	增加水稻追肥次数, 并将该中期晒田为浅湿润灌溉。	水稻
C4	提高蔬菜和棉花的水肥综合管理(如实施滴灌); 控制果树整体施肥量并调整施肥时间, 在合适的区域用硝基肥料代替一部分氨基肥。	棉花, 蔬菜, 水果
C5	包括添加硝化抑制剂, 脲酶抑制剂和发展缓控释肥等提高肥效, 减少 N ₂ O 排放。	所有农作物, 蔬菜, 水果
C6	提高有机肥的还田比例, 使有机肥供给达到作物 N 肥需求的 30%, 水果和蔬菜 N 肥需求的 50%。这要求还田的有机肥经过堆肥处理或者沼渣沼液还田。	所有农作物, 露地蔬菜, 水果
C7	减少旱地耕作次数, 减少对土壤的扰动, 保护性耕作一般要求至少有 30%的秸秆还田。	小麦, 玉米
C8	秸秆还田独立于保护性耕作, 可提高土壤有机碳, 但具体的实施措施要根据区域的农业环境而定。	小麦, 玉米
C9	农田施用生物质碳可改善土壤理化性质, 减少 N ₂ O 排放, 并增加产量。	水稻, 小麦, 玉米

表 S2 畜牧业减排措施和目标动物类型

序号	解释	目标作物
L1	推广农户沼气池，减少排放。	肉牛，奶牛，绵羊，山羊，猪，马，驴，骡，家禽
L2	育种技术，如利用种畜高品质的精液对家畜人工授精育种，会在降低瘤胃甲烷产量和提高采食量，产奶量，体重增加和生产效率之间各项指标之间实现平衡。这项措施不考虑杂交育种。	家养肉牛，奶牛，绵羊，山羊
L3	离子载体抗生素常被用来促进畜牧业生产的增长和效率。生产率的提高，从而导致单位产量的温室气体排放减少。但是，这一抗生素的应用在中国受到严格监管。	家养肉牛，奶牛，绵羊，山羊
L4	茶皂甙是茶叶次生化合物，存在于高浓度的茶叶生产废弃物中。茶皂甙添加到牲畜的饲可以提高生产力，同时降低瘤胃甲烷生产。	家养肉牛，奶牛，绵羊，山羊
L5	微生态制剂中常用在中国水产养殖业，但鲜见于但陆地畜牧业。饮食中添加益生菌修改瘤胃生态系统，从而减少甲烷的生产以及提高动物生产力和免疫反应。	家养肉牛，奶牛，绵羊，山羊
L6	家畜的饲料中增加不饱和脂肪酸，可以通过抑制瘤胃原虫在瘤胃中的甲烷菌的抑制有效地降低 CH ₄ 产量通，增加动物的生产力。	家养肉牛，奶牛，绵羊，山羊
L7	禁牧是改善退化草地放牧系统中的常用技术。这项措施考虑中国 35%的草地禁止放牧。植被在恢复期间，干物质产量提高。当牧草不被收割时，草渣可以进入土壤，提高土壤有机质含量，提高固碳率。	放牧牛，奶牛，绵羊，山羊
L8	中国草原通常过度放牧。这项措施是降低放养密度到中等强度。随着草原情况的改善，草原干物质的产量将增加 10%。草地利用率降低到 50%，从而进入土壤的有机物质的量将增加。	放牧牛，奶牛，绵羊，山羊
L9	这项措施号召轻度放牧。因此草原利用率降低到 35%，干物质产量增加了 3%。至 L8 相似，固碳率提高到一个更高的水平。	放牧牛，奶牛，绵羊，山羊

表 S3 种植业减排措施的减排效应、增产效应和独立减排率

序号	减排效应			增产效应	减排率 (tCO ₂ e ha ⁻¹)							
	N ₂ O	CH ₄	SOC		水稻	小麦	玉米	其它旱地作物	大棚蔬菜	露地蔬菜	水果	平均
C1	-				0.075	0.351	0.406		1.225	0.505	1.266	0.412
C2	-			5%-8%		0.190	0.208					0.201
C3	-	-		5%	1.337							1.337
C4	-			10%				0.903 (cotton)	1.376	0.829	1.827	1.219
C5	-				0.127	0.273	0.256	0.274	0.667	0.369	0.616	0.271
C6	+	+	+		0.460	0.551	0.459	0.631		0.227	0.462	0.596
C7	+		+			0.489	0.489					0.489
C8	+		+			0.210	0.210					0.210
C9	-			5%-10%	0.187	0.364	0.342					0.329

注：+ 表示减少排放或者增加碳固定；

- 表示增加排放或者减少土壤碳；

* CH₄ 排放的增加仅针对稻田。

表 S4 畜牧业减排措施的减排效应、增产效应和独立减排率

序号	减排效应			增产效应	减排率 (每年)					草原 (tCO ₂ e ha ⁻¹)	户用沼气 (tCO ₂ e 每沼气 池 ⁻¹)
	N ₂ O	CH ₄	SOC		肉牛 (%/头)	奶牛 (%/头)	绵羊 (%/头)	山羊 (%/头)	平均 (%/头)		
L1		+									2
L2		+		1%	-11	6	8	8	4		
L3		+		7%	7	6	13	13	6		
L4		+		5%	12	15	17	17	15		
L5		+		7%	-0.2	0.3	1	1	1		
L6		+		5%	8	6	4	4	4		
L7	+	+	+	1%						1.07	
L8	+	+	+	10%						0.7	
L9	+	+	+	3%						0.88	

表 S5 畜牧业措施的适用潜力范围

序号	适用潜力范围
L1	额外的户用沼气池为 2012 年 8 千万，2020 年 4 千万
L2	20%肉牛/黄牛,30% 绵羊 和 60%山羊
L3	20% 肉牛
L4	60% 肉牛， 肉牛, 奶牛, 绵羊和山羊
L5	50% 肉牛, 奶牛, 绵羊 和山羊
L6	60%肉牛, 奶牛, 绵羊和 山羊