

保护性耕作对温室效应的影响

胡立峰, 李洪文*, 高焕文

(中国农业大学工学院、农业部保护性耕作研究中心, 北京 100083)

摘要: 农业是非常重要的温室气体排放源, 而不合理的农田管理措施强化了农田排放源的特征, 同时弱化了吸收汇的作用。保护性耕作对温室效应的影响来自两方面, 一方面是免耕减少了农田 CO₂ 排放, 对 CH₄ 和 N₂O 排放的影响不明确; 另一方面是秸秆还田以后部分秸秆 C 以气体形式释放进入大气, 增加了农田 CO₂、CH₄ 排放, 但秸秆还田相对其他用途提高了土壤固碳潜力, 减少了总的温室气体排放量。通过耕作与秸秆管理对温室气体排放资料的整理分析, 指明保护性耕作是一种有利于减少温室效应的农田管理措施, 为保护性耕作的温室效应研究提供借鉴。

关键词: 秸秆, 温室效应, 气体排放, 保护性耕作, 土壤耕作

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.05.58

中图分类号: S210.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-5-0308-05

胡立峰, 李洪文, 高焕文. 保护性耕作对温室效应的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 308-312.

Hu Lifeng, Li Hongwen, Gao Huanwen. Influence of conservation tillage on greenhouse effect[J]. Transactions of the CSAE, 2009,25(5): 308-312.(in Chinese with English abstract)

0 引言

工业革命后, 全球气候变暖的趋势日益严重。这固然与工业化大生产过程中化石燃料的大量消耗有关, 但农业生产对温室气体排放的影响也不容忽视, 尤其是 N₂O 和 CH₄ 排在农业生态系统中占有很高的比例^[1] (表 1), 农业对温室气体排放的贡献在不同国家所占比例不同, 但基本都在 8% 以上 (表 2)。另一方面, 土壤固碳和农业土壤作为“碳汇”的问题还存在争议^[2], 其中, 不合理的农田管理措施强化了农田排放源的特征, 同时弱化了吸收汇的作用。就是说, 农田本有减弱温室效应的功能,

但却加强了温室效应。

表 1 农业生态系统中温室气体的释放

气体	来源及途径	在农业生态系统中		
		每年排放量/t	占全部释放量的比例/%	主要的来源
CO ₂	燃料、土壤和植被	10 ⁸ ~10 ⁹	30	森林、烧荒
N ₂ O	土壤、水体、有机物的燃烧	约 10 ⁶	90	土壤
CH ₄	潮湿的土壤	10 ⁷ ~10 ⁸	70	稻田、湿草原、沼泽

表 2 不同国家农业的温室效应贡献

Table 2 Percentage of agricultural greenhouse effect in different countries

国别	美国 ^[4,5]	加拿大 ^[6]	英国 ^[7]	德国 ^[8]	荷兰 ^[9]	瑞士 ^[10]	中国 ^[11]
比例	7%~10%	8%	8%	N ₂ O 39%~52%, CH ₄ 34%	CO ₂ 和 CH ₄ <1%, N ₂ O 6%	N ₂ O 71%, CH ₄ 62%, 两者的贡献占 15%	CO ₂ 8%, CH ₄ 50%, N ₂ O 10%

保护性耕作作为改善生态环境尤其是防治土壤风蚀的新型耕作方式, 在美国、加拿大、澳大利亚、巴西等国家已经有广泛的研究和应用。中国开展的保护性耕作研究证明了其在北方地区的适用性^[3], 并且已进行了保护性耕作对温室效应影响的相关研究, 但保护性耕作是否

有利于减少温室效应尚不太明确。这是由于一方面免耕对减少 CO₂ 排放是有利的, 表现在免耕不仅可以减少燃油消耗引起的直接排放, 还可以减少农田的 CO₂ 排放; 而另一方面, 秸秆还田以后秸秆 C 不会全部固定在土壤中, 有一部分 C 以气体的形式从农田释放入大气, 因此, 秸秆还田会增加农田的温室气体排放。本文旨在通过相关研究结果的分析, 明确保护性耕作影响温室气体排放的机制, 为保护性耕作的温室效应研究提供借鉴。

收稿时间: 2008-12-20 修订时间: 2009-02-25

基金项目: 农业部 948 项目“保护性耕作系列机具与关键技术引进”(2004-Q1); 农业部重点项目: 一年两熟区保护性耕作减缓农田温室气体排放研究

作者简介: 胡立峰 (1972-), 男, 河北省宁晋县人, 博士。北京市海淀区清华东路 17 号 中国农业大学 46#, 100083. Email: hlif@cau.edu.cn

*通讯作者: 李洪文, 教授, 山东理工大学“泰山学者”, 农业部保护性耕作研究中心主任。北京市海淀区清华东路 17 号 中国农业大学 46#, 100083.

Email: lhwen@cau.edu.cn

1 耕作的温室效应

耕作引起 CO₂ 排放主要来自两条途径。一是耕作作业时, 耕作机具通过燃油的消耗直接排放 CO₂, 这种耕作是指机械化生产条件下进行的耕作, 而这也是目前主要的耕作动力; 二是耕作以后, 由于土壤地表状况发生

改变, 农田排放 CO₂ 的固有规律破坏, 产生与耕作前不同的 CO₂ 排放量, 表现为土壤 CO₂ 的峰值排放。

农业生产过程中, 耕地和收获两个环节耗能最大, 实践表明, 采用“免耕法”或“减少耕作法”每年每公顷能节省 23 kg 燃料 C^[12]。日本在北海道农田研究认为, 在少耕情况下, 每公顷可减少 47.51 kg 油耗, 相当于减少 125.4 kg CO₂ 的排放量, 总的 CO₂ 排放量相比传统耕作减少 15%~29%^[13]。对于油耗与 CO₂ 排放量之间的关系, 通过对相关文献的研究认为, 每 1 L 消耗燃油大约产生 2.75 kg 左右 CO₂ 的排放量。保护性耕作在不同地区节省燃油的情况不同, 固定道保护性耕作作为一种更加节省油耗的新型耕作方式, 对 CO₂ 的减排量产生更大的影响, 通过对固定道保护性耕作减少油耗的研究认为, 固定道相比非固定道保护性耕作每公顷年减少燃油 9.7 L, 固定道与非固定道通过耕作作业所产生的 CO₂ 年排放量分别为 87.7 kg/hm² 和 114.4 kg/hm², 即通过固定道保护性耕作即可减少耕作作业时 CO₂ 排放量的 23%。

农田温室气体排放受多因素影响, 耕作是影响农田温室气体排放的重要管理措施。通过作物生长期翻耕与免耕农田温室效应比较认为^[14], 翻耕的温室总效应比免耕高 36% (表 3), 尤其在冬小麦播种前, 翻耕后农田短期内出现明显的排放高峰, 免耕农田则随着温度降低呈下降趋势, 没有产生峰值排放, 该两种农田均进行了秸秆全量还田, 由此表明峰值排放是由耕作引起的。在冬闲农田的研究同样认为翻耕能显著增加 CO₂ 的排放通量^[15]。美国在其东南沿海平原上的研究发现, 常规耕作比免耕在 80 h 内累积的 CO₂ 排放通量大近三倍^[16], 频繁的耕作特别是采用有壁犁耕作会导致土壤有机碳的大量损失, CO₂ 释放量增加, 而免耕则有效的控制土壤有机碳的损失, 增加有机碳的储量, 降低 CO₂ 的释放量^[17]。在冷凉半干旱地区的研究表明, 土壤呼吸在常规耕作和免耕下分别为 4.0 g/(m²·d) 和 3.1 g/(m²·d)^[18], 土壤呼吸值的降低意味着碳储量的增加。

表 3 不同耕法农田的温室效应

Table 3 Greenhouse effect of croplands under different tillage methods

处理	温室气体排放量			相对温室效应			总效应
	CO ₂ /mg·(m ² ·d) ⁻¹	CH ₄ /μg·(m ² ·d) ⁻¹	N ₂ O/μg·(m ² ·d) ⁻¹	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
翻耕	431.4	-79.6	54.4	9.81	-0.16	0.19	9.84
旋耕	383.4	-35.2	81.7	8.71	-0.07	0.28	8.92
免耕	326.1	-17.6	-37.9	7.41	-0.04	-0.13	7.24

注: 温室效应数据为根据土壤排放的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 量, 以摩尔 CO₂ 为 1, 摩尔 CH₄ 为 32, 摩尔 N₂O 为 150 计算得出的, 正值表示排放, 负值表示吸收。

耕作影响 N₂O 和 CH₄ 排放的研究有不同的结果: 免耕可能会增加 N₂O 的排放^[19], 常规耕作农田 N₂O 排放通量为 448 Gg/(hm²·a), 免耕情况下为 478 Gg/(hm²·a)^[20], 新西兰潜育性淋溶土下常规耕作与免耕在 N₂O 排放上无显著差异^[21], 也有研究认为渐进犁耕作的农田 N₂O 流失比免耕下高, 可能的原因是免耕时间太短, 免耕对土壤物理、生物性状还未产生影响^[22]。对未扰动土壤进行耕作可大大降低土壤 CH₄ 汇的强度^[23], 耕作破坏了土壤原有结构, 减少了土壤 CH₄ 氧化程度, 并且弃耕后土壤微生物的氧化能力很难恢复^[24]。也有报道认为翻耕初期会增加 CH₄ 的排放, 但经过一定时间 (6~8 h) 后, 则有降低 CH₄ 排放通量的趋势^[15]。由于农田 N₂O、CH₄ 的排放受诸多因素的影响, 且 N₂O 与 CH₄ 的排放机理也非常复杂, 耕作引起该两种温室气体排放的结果还有待进一步研究。

2 秸秆的温室效应

2.1 秸秆还田的温室效应

秸秆还田后, 秸秆中的碳被土壤固定, 间接减少了向大气排放 CO₂, 然而, 秸秆还田的农田 CO₂ 排放是否比未还田的少? 并且, 在谈到温室效应时, 还要考虑 CH₄、N₂O 这两种主要的温室气体, 秸秆还田对它们的排放会产生怎样的影响?

秸秆还田以后, 一部分残留于土壤中成为土壤有机质的来源, 另一部分将会以 CO₂ 气体的形式散逸到大气

中, 因此, 随着秸秆还田量的增加 CO₂ 排放也会增加。秸秆还田的当年, 大致 30% 的植物碳残留于土壤中, 即减少 1/3 CO₂ 的排放, 但这部分残留于土壤中的有机碳仍具有较大的活性^[25,26]。有研究表明^[27]: 玉米秸第一年分解率为 67.6%, 第二年为 12.8%, 第三年为 6.2%, 以后还将不断分解。秸秆经过多年分解以后真正残留在土壤中的碳只有 3%, 其他 97% 都在分解过程中转化成 CO₂ 等向大气中散逸^[28]。当然不能因此就认为秸秆还田比未还田增加了 CO₂ 排放, 因为, 如果秸秆没有还田, 那必然是以其他方式进行了处理, 或作燃料或作饲料或田间焚烧, 与此相比, 无论是作为燃料燃烧直接排放还是作为饲料间接排放, 由于秸秆还田毕竟固定了一部分有机碳, 相应地减少了 CO₂ 的排放。

秸秆还田对 CH₄ 的排放也会产生影响。作物秸秆返还农田一方面作为氮肥投入抑制了甲烷吸收, 另一方面秸秆还田增加了土壤有机质含量, 而土壤中的有机质是产生甲烷的物质基础之一。由此可见, 秸秆还田会增加 CH₄ 的排放。对于淹水稻田, 甲烷排放量随稻秸施用量的增加而增加, 施用量达 12 t/hm² 时甲烷排放量达到最高值, 这时甲烷的排放量是不施肥稻田的 2.4 倍, 但继续增加秸秆施用量, 稻田甲烷排放量不会有进一步的增加^[29]。已有试验结果都表明^[30,31]: 将 6~9 t/hm² 的水稻秸秆施入稻田, 甲烷排放量将增加 1.8~3.5 倍。中国双季稻农田秸秆还田对 CH₄ 排放的影响研究表明^[32]: 秸秆还田主要增人晚稻生长季和冬闲季节的 CH₄ 排放, 对早稻生长季

CH₄排放影响较小, 秸秆不还田有利于减小温室效应。但是, 如果将秸秆作为饲料饲养反刍动物同样会产生大量CH₄, 据美国环境保护机构的调查, 每年全球反刍动物产生约 8000 万 t 的甲烷排放量, 约占全球甲烷排放量的 1/4~1/3。从生态环境的角度分析, 秸秆还田与作为饲料都会引起 CH₄ 排放的增加, 但秸秆还田相对提高了土壤有机质含量, 对作物增产有利, 并且还能直接减少 CO₂ 的排放。

2.2 秸秆焚烧的温室效应

秸秆燃烧不仅是一种巨大的资源浪费, 在温室效应日益被关注背景下, 研究发现秸秆燃烧还会产生大量的温室气体, 加剧了温室效应。表 4 为秸秆燃烧后 3 种主要温室气体的排放因子。由表可知, 不同类型秸秆在不同试验下的排放因子不同, 这说明排放因子不仅与秸秆本身性质有关, 还与燃烧状态、风速、温度等环境状况有关。

表 4 农田秸秆露天焚烧的 3 种主要温室气体排放因子汇总
Table 4 Emission factors of three greenhouse gases burnt in open field in the literature

秸秆类型	排放因子/g · kg ⁻¹		
	CO ₂	CH ₄	NO _x
小麦	1483.6 ^[35]	1.82 ^[36]	2.59 ^[35]
	1194.88 ^[36]	3.6 ^[37]	2.33 ^[36]
	1787 ^[37]		0.56 ^[37]
			0.132 ^[38]
玉米	2200.2 ^[35]	1.75 ^[36]	3.36 ^[35]
	1313.61 ^[36]		1.82 ^[36]
			0.027 ^[38]
水稻	1757.6 ^[35]	0.72 ^[36]	3.52 ^[39]
	1162.15 ^[36]		2.84 ^[36]
	1019.9 ^[40]		2.66 ^[40]
			0.084 ^[38]
未区分	1515 ^[41]	2.7 ^[41]	2.5 ^[41]
	1246.7 ^[40]	2.7 ^[42]	2.7 ^[40]
	1515 ^[43]	2.27 ^[40]	2.5 ^[43]
	1320 ^[44]	2.7 ^[43]	2.16 ^[45]
	1550 ^[46]	2.62 ^[44]	1.14 ^[47]
			6.1 ^[46]

通过对表 4 中不同排放因子数据进行平均, 剔除差异较大的数据, 按照 CO₂、CH₄、N₂O 的秸秆排放因子 1429、2.60、2.47 g/kg 计算, 秸秆焚烧量按 1.6 亿 t 计算 (其实秸秆作为燃料烧掉的数量在中国每年有 2.7 亿 t, 在计算秸秆焚烧量时不计算作为燃料燃烧的部分, 即秸秆焚烧是指露天焚烧), 则中国每年因秸秆焚烧所排放的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 分别为 2.29 亿 t、41.6 万 t 和 39.5 万 t。因秸秆焚烧每年排放的 CO₂ 占中国温室气体排放总量 61 亿 t 的 3.8%; CH₄ 占中国全部甲烷排放量 28.6 百万 t^[33,34] 的 15.5%; N₂O 占中国 N₂O 总排放量 96 万 t^[34] 的 36.5%。

3 结 语

耕作和秸秆利用方式是两项重要的农田管理措施。

万方数据

传统耕作需要翻、耙、耨等多次作业, 使地表平、松。传统秸秆处理是移出农田使地表净。而这两项措施均增加了温室气体排放, 耕作不仅增大了燃油消耗的直接排放, 同时, 耕作也会引起闭蓄于土壤内的 CO₂ 的释放; 秸秆移出农田后因焚烧每年排放的 CO₂ 占中国温室气体排放总量 3.8%; CH₄ 占中国全部甲烷排放量的 15.5%; N₂O 占中国 N₂O 总排放量的 36.5%。秸秆作为饲料会产生大量的 CH₄, 每年全球反刍动物产生甲烷排放量, 约占全球甲烷排放量的 1/4~1/3。

保护性耕作是防治农田风蚀、水蚀的有效管理措施, 系统进行农田温室气体排放的研究在中国还较少, 许多研究侧重于肥、水管理措施短期内对温室气体排放的影响, 尚未见以保护性耕作与传统耕作进行温室气体排放全面比较的报道, 本文主要从耕作与秸秆处理方式对温室气体排放的影响进行研究, 结果认为, 免耕和秸秆还田均有利于减少农田 CO₂ 排放, 但耕作是否有利于减少 CH₄ 和 N₂O 排放还没有一致的结论, 需加强这方面的研究。并且, 保护性耕作条件下免耕与秸秆还田对温室气体排放的协同效应需进一步探讨。

【参 考 文 献】

- [1] Bouwman A F. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere[A]. In: Bouwman, A.F(Ed). Soils and the Greenhouse Effect[C]. Wiley, New York, USA, 1990: 61-127.
- [2] 李德文, 孟凡祥, 史 奕, 等. 农业管理措施对土壤有机碳固存潜力影响的研究进展[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(4): 260-263.
Li Dewen, Meng Fanxiang, Shi Yi, et al. Research advances in the effect of agricultural management on soil organic carbon sequestration[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2005, 21(4): 260-263. (in Chinese with English abstract)
- [3] 高焕文, 李洪文, 李问盈. 保护性耕作的发展[J]. 农业机械学报, 2008, 39(9): 43-48.
Gao Huanwen, Li Hongwen, Li Wenyong. Development of conservation tillage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(9): 43-48. (in Chinese with English abstract)
- [4] Lewandrowski J, Mcdowell H, House R, et al. Mitigating greenhouse gas emissions: Implication of the Kyoto Protocol for US agriculture and US agricultural policy[J]. World Resource Review, 2000, (12): 126-148
- [5] Johnson J M F, Reicosky D C, Allmaras R R, et al. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agriculture in the central USA[J]. Soil & Tillage Research, 2005, 83: 73-94.
- [6] Environment Canada. Canada's Greenhouse Gas Inventory Fact sheet 1-overview:1990-2000.http://www.ec.gc.ca/pdb/ghy/1990_00_factsheet/fs1_e.cfm_agriculture.2000[EB/OL].
- [7] James M Gibbons, Stephen J Ramsden, Adam Blake. Modelling uncertainty in greenhouse gas emissions from UK agriculture at the farm level[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006, 112(4): 347-355.
- [8] Isermann K, Isermann R. Food production and consumption in Germany: N flows and emissions[J]. Nutrient Cycling in

- Agroecosystems, 1998, 52(3): 289-301.
- [9] Kramer K J, Moll H C, Nonhebel S. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1999, 72(1): 9-16.
- [10] Jens Leifeld, Jürg Fuhrer. Greenhouse gas emissions from Swiss agriculture since 1990: implications for environmental policies to mitigate global warming. Environmental Science & Policy, 2005, (8): 410-417.
- [11] 戴树桂. 环境化学(第1版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [12] 张厚瑄, 李玉娥. 减缓农业生产中温室气体排放的对策及其经济可行性初探[J]. 中国农业气象, 1996, 17(5): 7-11.
- [13] Nobuhisa Koga, Haruo Tsuruta, Hiroyuki Tsuji, et al. Fuel consumption-derived CO₂ emissions under conventional and reduced tillage cropping systems in northern Japan[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2003, 99(3): 213-219.
- [14] 胡立峰. 不同耕法对麦玉米两熟及双季稻田温室气体排放的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.
- [15] 万运帆, 林而达. 翻耕对冬闲农田 CH₄ 和 CO₂ 排放通量的影响初探[J]. 中国农业气象, 2004, 25(3): 8-10. Wan Yunfan, Lin Erda. The Influence of Tillage on CH₄ and CO₂ Emission Flux in Winter Fallow Cropland[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2004, 25(3): 8-10. (in Chinese with English abstract)
- [16] Reicosky D C, Reeves D W, Prior S A, et al. Effects of residue management and controlled traffic on carbon dioxide and water loss[J]. Soil & Tillage Research, 1999, 52(3): 153-165.
- [17] 金峰, 杨浩, 赵其国. 土壤有机碳储量及影响因素研究进展[J]. 土壤, 2000, (1): 11-17.
- [18] Franzluebbers A J, Hons F M, Zuberer D A. Tillage-induced seasonal changes in soil physical properties affecting soil CO₂ evolution under intensive cropping[J]. Soil & Tillage Research, 1995, 34(1): 41-60.
- [19] Bruce C Ball, Albert Scott, John P Parker. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland[J]. Soil & Tillage Research, 1999, 53(1): 29-39.
- [20] Daniel L Mummey, Jeffrey L Smith, George Bluhm. Assessment of alternative soil management practices on N₂O emissions from US agriculture[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1998, 70: 79-87.
- [21] Choudhary M A, Akramkhanov A, Saggarr S. Nitrous oxide emissions from a New Zealand cropped soil: tillage effects, spatial and seasonal variability[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2002, 93(1): 33-43.
- [22] Pierre-André Jacinthe, Warren A Dick. Soil management and nitrous oxide emissions from cultivated fields in southern Ohio[J]. Soil & Tillage Research, 1997, 41(3): 221-235.
- [23] Willison T W, Webster C P, Goulding K W T, et al. Methane oxidation in temperate soil effective of land use and the chemical form of nitrogen-fertilizer[J]. Chemosphere, 1995, 30(3): 539-546.
- [24] Prieme A, Christensen S. Seasonal and variation of methane oxidation in a Danish spruce forest[J]. Soil Biol. Biochem, 1997, 29(8): 1165-1172.
- [25] 王文山, 王维敏, 张镜清, 等. 农作物残体在北京农田土壤中的分解[J]. 土壤通报, 1989, (3): 113-115.
- [26] 杨志谦, 王维敏. 秸秆还田后碳素在土壤中的积累与释放[J]. 土壤肥料, 1991, (5): 33-36.
- [27] 杨晶秋, 刘金城, 白云云, 等. 玉米秸直接还田后的转化及对土壤养分平衡的影响[J]. 土壤通报, 1993, 24(3): 123-125.
- [28] 王爱玲. 黄淮海平原小麦玉米两熟秸秆还田效应及技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2000.
- [29] Schtuz H, Holzapfel-Pschorn A, Conrad R, et al. A three-year continuous record on the influence of daytime season and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy field[J]. Journal Geophysical Research, 1989, 94: 16405-16415.
- [30] 杜道灯. 施用有机物对水稻田甲烷排放的影响[J]. 国外农业环境保护, 1992, 34(4): 25-29.
- [31] Yagi K, Minami K. Effects of organic matter application on methane emission from Japanese paddy fields[A]. Soils and the Greenhouse Effects[C]. ISRIC, 1989. 1-5.
- [32] 伍芬琳, 张海林, 李琳, 等. 保护性耕作下双季稻田甲烷排放特征及温室效应[J]. 中国农业科学, 2008, 41(9): 2703-2709. Wu Fenlin, Zhang Hailin, Li Lin, et al. Characteristics of CH₄ Emission and Greenhouse Effects in Double Paddy Soil with Conservation Tillage[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(9): 2703-2709. (in Chinese with English abstract)
- [33] 张耀民, 周毅, 沈跃, 等. 中国农业排放源甲烷排放量的估算[J]. 农村生态环境, 1993, S(1): 3-8. Zhang Yaomin, Zhou Yi, Shen Yue, et al. Estimation of methane emission from agricultural sources in China[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 1993, S(1): 3-8. (in Chinese with English abstract)
- [34] 宋文质, 王少彬, 苏维翰, 等. 我国农田土壤中的主要温室气体 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放研究[J]. 环境科学, 1996, 17(1): 85-92. Song Wenzhi, Wang Shaobin, Su Weihuan, et al. Agricultural activities and emissions of greenhous gases in china region[J]. Environmental Science, 1996, 17(1): 85-92 (in Chinese with English abstract)
- [35] 曹国良, 张小曳, 王亚强, 等. 中国区域农田秸秆露天焚烧排放量的估算[J]. 科学通报, 2007, 52(15): 1826-1831.
- [36] Jenkins B M, Turn S Q, Williams R B, et al. Atmospheric pollutant emission factors from open burning of agricultural and forest biomass by wind tunnel simulations[R]. California State Air Resources Board, Volume 1. (NTIS PB 97-133037), 1996.
- [37] Shivraj Sahai, Sharma C, Singh D P, et al. A study for development of emission factors for trace gases and carbonaceous particulate species from in situ burning of wheat straw in agricultural fields in India[J]. Atmospheric Environment, 2007, 41(39), 9173-9186.
- [38] 曹美秋, 庄亚辉. 生物质燃烧释放 N₂O 的测定及其分布[J]. 环境化学, 1994, 13(5): 395-400. Cao Meiqiu, Zhuang Yahui. Determination of nitrous oxide during biomass burning and its distribution[J]. Environmental Chemistry, 1994, 13(5): 395-400. (in Chinese with English abstract)
- [39] Carroll J J, Miller G E, Thompson J F, et al. The dependence of open field burning emission and plume concentrations on

- meteorology, field conditions and ignition technique[J]. *Atmospheric Environment*, 1977, 11: 1037—1050.
- [40] IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). *Greenhouse Gas Inventory reference Manual*. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories[R]. IPCC/OECD/IES, UK Meteorological Office, Bracknell, UK, 1997.
- [41] Andreae M O, Merlet P. Emissions of trace gases and aerosols from biomass burning[J]. *Global Biogeochem Cycle*, 2001, 15(4): 955—966.
- [42] U.S. Environmental Protection Agency, (U.S.EPA). *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*[M]. NC, USA: U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, 2004: 1—19.
- [43] Shijian Yang, Hongping He, Shangling Lu, et al. Quantification of crop residue burning in the field and its influence on ambient air quality in Suqian, China[J]. *Atmospheric Environment*, 2008, 42(9): 1961—1969.
- [44] Zhang J, Smith K R, Ma Y. Greenhouse gas and other airborne pollutants from household stoves in China: A database for emission factors[J]. *Atmospheric Environment*, 2000, 34(26): 4537—4549.
- [45] Turn S Q, Jenkins B M, Chow J C. Elemental characterization of particulate matter emission from biomass burning: wing tunnel deriver source profiles for herbaceous and wood fuels[J]. *Journal of Geophysical research*, 1997, 102(3): 3683—3699.
- [46] Andreae M O. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2001, 15(4): 4955—4966.
- [47] Shekar Reddy M, Venkataraman Chandra. Atmospheric optical and radiative effects of anthropogenic aerosol constituent from India[J]. *Atmospheric Environment*, 2000, 34(36): 4511—4523.

Influence of conservation tillage on greenhouse effect

Hu Lifeng, Li Hongwen*, Gao Huanwen

(College of Engineering, China Agricultural University, Conservation Tillage Research Center, Ministry of Agriculture, Beijing 100083, China)

Abstract: Agriculture is an important source of greenhouse gas emissions. Unreasonable agricultural management increases greenhouse gas emissions and decreases soil absorbed greenhouse gas. The influence of conservation tillage on greenhouse effect comes from two aspects: one is that no tillage can reduce CO₂ emission, but the CH₄ and N₂O emissions are uncertain; the other is that some straw C can release gas into atmosphere and increase greenhouse gas emission, but straw returning can improve carbon sequestration potential and so reduce the total greenhouse gas emissions. Through analyzing the data about soil tillage and straw management on greenhouse gas emission, the research results prove that conservation tillage can reduce greenhouse effect, and can also provide some references for researching agricultural greenhouse effect.

Key words: straw, greenhouse effect, gas emissions, conservation tillage, soil tillage

保护性耕作对温室效应的影响

作者: [胡立峰](#), [李洪文](#), [高焕文](#), [Hu Lifeng](#), [Li Hongwen](#), [Gao Huanwen](#)
作者单位: [中国农业大学工学院、农业部保护性耕作研究中心, 北京, 100083](#)
刊名: [农业工程学报](#) ISTIC EI PKU
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING](#)
年, 卷(期): 2009, 25 (5)
被引用次数: 11次

参考文献(47条)

1. [Bouwman A F](#) [Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere](#) 1990
2. [李德文](#); [孟凡祥](#); [史奕](#) [农业管理措施对土壤有机碳固存潜力影响的研究进展](#)[期刊论文]-[农业系统科学与综合研究](#) 2005(04)
3. [高焕文](#); [李洪文](#); [李问盈](#) [保护性耕作的发展](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(09)
4. [Lewandowski J](#); [Mcdowell H](#); [House R](#) [Mitigating greenhouse gas emissions: Implication of the Kyoto Protocol for US agriculture and US agricultural policy](#) 2000(12)
5. [Johnson J M F](#); [Reicosky D C](#); [Allmaras R R](#) [Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agriculture in the central USA](#)[外文期刊] 2005(1)
6. [Environment Canada](#) [Canada's Greenhouse Gas Inventory Fact sheet 1-overview:1990-2000](#) 2000
7. [James M Gibbons](#); [Stephen J Ramsden](#); [Adam Blake](#) [Modelling uncertainty in greenhouse gas emissions from UK agriculture at the farm level](#)[外文期刊] 2006(04)
8. [Isermann K](#); [Isermann R](#) [Food production and consumption in Germany: N flows and emissions](#)[外文期刊] 1998(03)
9. [Kramer K J](#); [Moll H C](#); [Nonhebel S](#) [Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system](#)[外文期刊] 1999(01)
10. [Jens Leifeld](#); [Jürg Fuhrer](#) [Greenhouse gas emissions from Swiss agriculture since 1990: implications for environmental policies to mitigate global warming](#) 2005(08)
11. [戴树桂](#) [环境化学](#) 1997
12. [张厚瑄](#); [李玉娥](#) [减缓农业生产中温室气体排放的对策及其经济可行性初探](#) 1996(05)
13. [Nobuhisa Koga](#); [Haruo Tsuruta](#); [Hiroyuki Tsuji](#) [Fuel consumption-derived CO₂ emissions under conventional and reduced tillage cropping systems in northern Japan](#)[外文期刊] 2003(03)
14. [胡立峰](#) [不同耕法对麦玉两熟及双季稻农田温室气体排放的影响](#)[学位论文] 2006
15. [万运帆](#); [林而达](#) [翻耕对冬闲农出CH₄和CO₂排放通量的影响初探](#)[期刊论文]-[中国农业气象](#) 2004(03)
16. [Reicosky D C](#); [Reeves D W](#); [Prior S A](#) [Effects of residue management and controlled traffic on carbon dioxide and water loss](#)[外文期刊] 1999(03)
17. [金峰](#); [杨浩](#); [赵其国](#) [土壤有机碳储量及影响因素研究进展](#)[期刊论文]-[土壤](#) 2000(01)
18. [Franzluebbbers A J](#); [Hons F M](#); [Zuberer D A](#) [Tillage-induced seasonal changes in soil physical properties affecting soil CO₂ evolution under intensive cropping](#)[外文期刊] 1995(01)
19. [Bruce C Ball](#); [Albert Scott](#); [John P Parker](#) [Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland](#)[外文期刊] 1999(01)
20. [Daniel L Mummey](#); [Jeffrey L Smith](#); [George Bluhm](#) [Assessment of alternative soil management practices](#)

- [on N2O emissions from US agriculture](#)[外文期刊] 1998
21. [Choudhary M A;Akramkhanov A;Saggar S Nitrous oxide emissions from a New Zealand cropped soil:tillage effects,spatial and seasonal variability](#) 2002(01)
 22. [Pierre-Andre Jacinthe;Warren A Dick Soil management and nitrous oxide emissions from cultivated fields in southern Ohio](#)[外文期刊] 1997(03)
 23. [Willison T W;Webster C P;Gouiding K W T Methane oxidation in temperate soil effective of land use and the chemical form of nitrogen-fertilizer](#) 1995(03)
 24. [Prieme A;Christensen S Seasonal and variation of methane oxidation in a Danish spuree forest](#)[外文期刊] 1997(08)
 25. [王文山;王维敏;张镜清 农作物残体在北京农田土壤中的分解](#) 1989(03)
 26. [杨志谦;王维敏 秸秆还田后碳素在土壤中的积累与释放](#)[期刊论文]-[土壤肥料](#) 1991(05)
 27. [杨晶秋;刘金城;白成云 玉米秸直接还田后的转化及对土壤养分平衡的影响](#) 1993(03)
 28. [王爱玲 黄淮海平原小麦玉米两熟秸秆还田效应及技术研究](#)[学位论文] 2000
 29. [Schtuz H;Holzapfel-Pschorn A;Conrad R A three-year continuous record on the influence of daytime season and fertilizer trement on methane emission rates from an Italian rice paddy field](#)[外文期刊] 1989
 30. [杜道灯 施用有机物对水稻田甲烷排放的影响](#) 1992(04)
 31. [Yagi K;Minami K Effects of organic matter application on methane emission from Japanese paddy fields](#) 1989
 32. [伍芬琳;张海林;李琳 保护性耕作下双季稻农田甲烷排放特征及温室效应](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2008(09)
 33. [张耀民;周毅;沈跃 中国农业排放源甲烷排放量的估算](#) 1993(01)
 34. [宋文质;王少彬;苏维翰 我国农田土壤中的主要温室气体CO₂、CH₄和N₂O排放研究](#) 1996(01)
 35. [曹国良;张小曳;王亚强 中国区域农田秸秆露天焚烧排放量的估算](#)[期刊论文]-[科学通报](#) 2007(15)
 36. [Jenkins B M;Turn S Q;Williams R B Atmospheric pollutant emission factors from open burning of agricultural and forest biomass by wind tunnel simulations California State Air Resources Board, Volume 1. \[NTIS PB 97-133037\]](#) 1996
 37. [Shivraj Sahai;Sharma C;Singh D P A study for development of emission factors for trace gases and carbonaceous particulate species from in situ burning of wheat straw in agricultural fields in India](#)[外文期刊] 2007(39)
 38. [曹美秋;庄亚辉 生物质燃烧释放N₂O的测定及其分布](#) 1994(05)
 39. [Carroll J J;Miller G E;Thompson J F The dependence of open field burning emission and plume concentrations on meteorology, field conditions and ignition technique](#) 1977
 40. [IPCC Greenhouse Gas Inventory reference Manual. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories](#) 1997
 41. [Andreae M O;Merlet P Emissions of trace gases and aerosols from biomass burning](#)[外文期刊] 2001(04)
 42. [U S Environmental Protection Agency Compilation of Air Pollutant Emission Factors](#) 2004
 43. [Shijian Yang;Hongping He;Shangling Lu Quantification of crop residue burning in the field and its](#)

[influence on ambient air quality in Suqian, China](#)[外文期刊] 2008(09)

44. [Zhang J;Smith K R;Ma Y Greenhouse gas and other airborne pollutants from household stoves in China:A database for emission factors](#)[外文期刊] 2000(26)

45. [Turn S Q;Jenkins B M;Chow J C Elemental characterization of particulate matter emission from biomass burning:wing tunnel deriver source profiles for herbaceous and wood fuels](#)[外文期刊] 1997(03)

46. [Andreae M O Emission of trace gases and aerosols from biomass burning](#) 2001(04)

47. [Shekar Reddy M;Venkataraman Chandra Atmospheric optical and radiative effects of anthropogenic aerosol constituent from India](#)[外文期刊] 2000(36)

本文读者也读过(2条)

1. [彭世彰, 杨士红, 徐俊增, PENG Shi-zhang, YANG Shi-hong, XU Jun-zeng 控制灌溉对稻田CH4和N2O综合排放及温室效应的影响](#)[期刊论文]-[水科学进展](#)2010, 21(2)

2. [徐锋, 朱丽华, 吴强, XU Feng, ZHU Lihua, WU Qiang 温室效应及气体水合化控制方法](#)[期刊论文]-[应用基础与工程科学学报](#)2010, 18(3)

引证文献(11条)

1. [李双喜, 郑宪清, 袁大伟, 张娟琴, 何七勇, 吕卫光, 陶晓斌 生物耕作对土壤理化特性、酶活性及青花菜生长和品质的影响](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2012(8)

2. [张俊丽, 高明博, 温晓霞, 陈月星, 杨生婷, 李露, 廖允成 不同施氮措施对旱作玉米地土壤酶活性及CO2排放量的影响](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2012(19)

3. [许琰, 周石砾, 晋绿生, 王进, 杨景辉, 林长贵 新疆北部覆膜滴灌棉田的碳交换日、生长季变化特征](#)[期刊论文]-[干旱区地理](#) 2013(3)

4. [李波, 张俊飏 我国农作物碳汇的阶段特征与空间差异研究](#)[期刊论文]-[湖北农业科学](#) 2013(5)

5. [石岳峰, 吴文良, 孟凡乔, 王大鹏, 张志华 农田固碳措施对温室气体减排影响的研究进展](#)[期刊论文]-[中国人口·资源与环境](#) 2012(1)

6. [张明园, 魏燕华, 孔凡磊, 陈阜, 张海林 耕作方式对华北农田土壤有机碳储量及温室气体排放的影响](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2012(6)

7. [王彩霞, 岳西杰, 葛玺祖, 黄婷, 王勇, 王旭东 保护性耕作对土壤微团聚体碳、氮分布的影响](#)[期刊论文]-[植物营养与肥料学报](#) 2010(3)

8. [曹凑贵, 李成芳, 展茗, 汪金平 稻田管理措施对土壤碳排放的影响](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2011(1)

9. [张俊丽, 高明博, 温晓霞, 陈月星, 杨生婷, 李露, 廖允成 不同施氮措施对旱作玉米地土壤酶活性及CO2排放量的影响](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2012(19)

10. [张玉铭, 胡春胜, 张佳宝, 董文旭, 王玉英, 宋利娜 农田土壤主要温室气体\(CO2、CH4、N2O\)的源/汇强度及其温室效应研究进展](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2011(4)

11. [章永松, 柴如山, 付丽丽, 刘立娟, 董慧芬 中国主要农业源温室气体排放及减排对策](#)[期刊论文]-[浙江大学学报\(农业与生命科学版\)](#) 2012(1)