

# 土地利用/覆被变化对土壤温室气体排放通量影响

刘惠<sup>1</sup>, 赵平<sup>2\*</sup>

(1. 广东商学院资源与环境学院, 广东 广州 510320 2. 中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650)

**摘要:** 土地利用/覆被变化影响温室气体的净排放, 改变了全球温室气体的收支平衡。森林、草地和农田之间的转化、湿地和旱地的转化及土地管理措施的不同, 影响着土壤碳的释放和其他痕量气体的排放, 从而改变全球变暖增温的综合潜力 (GW P), 因此要综合考虑土地利用/覆被变化对土壤 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放通量的影响。加强对温室气体发生机理的研究, 选取合理的土地利用和土地管理方式, 减少全球大气温室气体浓度增加, 是未来研究的重点和难点。

**关键词:** 土地利用/覆被变化; CO<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>; N<sub>2</sub>O

**中图分类号:** F301 X820

**文献标识码:** A

陆地生态系统是大气温室气体的重要源汇, 并与人类的生产活动密切相关, 其中土地利用的改变和土地管理措施是影响温室气体排放的重要因素<sup>[1-3]</sup>。据 Houghton 等<sup>[4]</sup> 估算, 在 1850~1990 年间, 由于土地利用变化造成的全球 CO<sub>2</sub> 排放约为  $1.24 \times 10^{11}$  t。森林通常是大气 CO<sub>2</sub> 的汇, 如果遭到破坏则会变成一个重要的源, 随着植被的恢复, 森林土壤的碳储存也会逐渐恢复。农田向森林的转化通常导致土壤有机碳的增加, 使 CO<sub>2</sub> 通量下降<sup>[5]</sup>。土壤作为 CH<sub>4</sub> 的汇每年大约从大气中吸收  $3 \times 10^7$  t CH<sub>4</sub>, 占总汇的 5.2%<sup>[6]</sup>。不同的土地利用方式/覆被对土壤 CH<sub>4</sub> 吸收有很大影响, 许多研究都证明, 就土壤氧化大气 CH<sub>4</sub> 的能力而言, 森林土壤 > 草原土壤 > 旱地<sup>[7,8]</sup>。N<sub>2</sub>O 主要源自土壤的释放, 据估计, 大气中每年净释放量有 80%~90% 的 N<sub>2</sub>O 来源于土壤和土地利用方式的改变等过程<sup>[9]</sup>。土地利用/覆被变化对温室气体排放影响的研究已经广泛展开, 并积累大量的研究成果<sup>[10-12]</sup>。本文综述近年来土地利用/覆被变化对主要温室气体 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 影响, 以期对今后的研究工作起到借鉴和启示

作用。

## 1 土地利用/覆被变化对 CO<sub>2</sub> 排放通量的影响

全球土壤作为一个巨大的碳库 ( $1.14 \times 10^{17}$  t C)<sup>[13]</sup>, 是大气 CO<sub>2</sub> 的重要源或汇。土壤呼吸每年向大气释放 6.80~7.65 的  $10^{10}$  t CO<sub>2</sub>-C<sup>[13,14]</sup>, 已经成为陆地生态系统向大气中释放 CO<sub>2</sub> 最大的源<sup>[15]</sup>。另一方面, 大气中的 CO<sub>2</sub> 可以通过活的生物体和他们的残留物被贮藏在土壤中, 因此土壤也是一个碳汇。对进入土壤的有机碳贡献最大的是植物残留物。在全球尺度上, 植物和土壤分别储存了  $4.66 \times 10^{11}$  t 和  $2.01 \times 10^{12}$  t C<sup>[16]</sup>。全球草地、苔原、灌木草地、稀树草原约占整个陆地生态系统碳储量的 29%~31%, 森林约占 46.2%~55.8%, 农田约占 5.3%~7.6%<sup>[17]</sup>。土地利用/覆盖变化可以通过改变生态系统的结构 (物种组成、生物量) 和功能 (生物多样性、能量平衡、碳、氮、水循环等) 来影响生态系统碳循环过程, 使土壤成为碳的源或汇, 从而影响着大

收稿日期 (Received date): 2009-03-05; 改回日期 (Accepted): 2009-07-02。

基金项目 (Foundation item): 中国科学院知识创新工程资助项目 (KZCX-SW-01-01B-05)。[Supported by Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX-SW-01-01B-05).]

作者简介 (Biography): 刘惠 (1972-), 女, 湖南省浏阳人, 博士, 讲师, 主要从事植物生理生态学研究。[Liu Hui (1972-), female, born in Liuyang, Hunan Province, PhD, Lecturer, mainly engaged in plant ecophysiology. E-mail: grleaf2008@yahoo.com.cn]

\* 通讯作者 (Corresponding author): 赵平 (1963-), 男, 广东省廉江人, 博士, 研究员, 主要从事退化生态系统植被恢复先锋树种的生理生态学研究。[Zhao Ping (1963-), male, born in Lianjiang, Guangdong Province, PhD, Professor, mainly engaged in ecophysiology of pioneer tree species during re-vegetation of degraded ecosystems.] E-mail: zhaoping@scib.ac.cn

气中  $\text{CO}_2$  的浓度<sup>[18-19]</sup>。常见的土地利用变化形式有森林、草地与农田的相互转化、湿地与旱地的相互转化。

森林砍伐或森林转变为农田不仅影响森林的固碳能力, 而且影响土壤碳排放。森林土壤既可以成为大气的碳源也可以成为汇, 这取决于生态系统类型、演替阶段、地理位置和土地利用历史<sup>[20-21]</sup>。森林砍伐使得温度和水分条件发生变化, 在较长的一段时间内土壤呼吸均大于幼年树木同化固碳能力, 亦即成为碳源。据估计人类活动破坏亚马逊流域森林的程度比过去的增加了一倍, 1999~2002 年, 选择性砍伐使森林的总破坏面积增加 60%~128%, 砍掉的树木的总体积相当于从生态系统中取出大约  $1 \times 10^7 \sim 1.5 \times 10^7$  t 的碳, 这使亚马逊森林释放大气的碳增加了 25%<sup>[22]</sup>。在全球尺度上, 森林转化为农田后 1 m 深度土层内的土壤碳损失 25%~30%<sup>[23]</sup>。土壤在耕耘、施用矿质肥料和有机肥料后也会明显增加  $\text{CO}_2$  的通量<sup>[12-24]</sup>。

草地的过度放牧和开垦通常会导致土壤中有有机碳的大量释放, 促进土壤呼吸。过度放牧不仅使草地植物固定碳素的能力降低, 减少草地植被对土壤碳库的输入, 而且促进土壤的呼吸作用, 加速碳素从土壤向大气中的释放<sup>[25]</sup>。在一定范围的放牧压力下,  $\text{CO}_2$  排放通量随放牧强度的增加呈线性增长<sup>[26]</sup>。过度放牧情况下, 全球草地上净生产力仅有 20%~50% 的产量能够以凋落物和家畜粪便的形式进入到土壤碳库中, 因此过度利用的草地可能会变成一个净碳源<sup>[25]</sup>。开垦也是影响草地生态系统碳储量最重要的人类活动因素之一。就全球平均而言, 草地开垦成农田导致 1 m 深度土层内的土壤碳损失 20%~30%<sup>[27]</sup>。

可耕地向低强度管理的土地利用方式变化, 如退耕还草或退耕还林等能改变土壤有机质 (SOM) 动态而影响大气和土壤之间温室气体的交换<sup>[28]</sup>。低强度的土地管理能改进土壤的生物特性<sup>[29]</sup>, 因此农田向森林的转化通常导致土壤有机碳的增加, 使  $\text{CO}_2$  排放通量下降<sup>[30]</sup>。影响造林后土壤碳变化的主要因素是原来的土地利用类型、气候和造林后的森林类型。研究表明温带地区原牧业用地种植针叶林后土壤碳丢失得最多, 热带或亚热带原农田种植落叶阔叶树或固氮植物种的土壤碳的积累量最多, 长期的管理措施如杂草控制、施肥等都会影响土壤碳的积累, 维持长时期的森林轮伐期 (20~50 a) 可

最大限度地积累土壤碳<sup>[30]</sup>。

湿地开垦后一般导致温室气体排放提高, 使湿地由碳汇成为碳源。湿地转变为旱地会影响温室气体的产生和消耗而导致温室气体净通量的改变<sup>[31, 32]</sup>。对温室气体通量大小的影响主要取决于排水的强度、植被类型和土壤肥力<sup>[32]</sup>。热带泥炭土由于含有大量的土壤碳和氮而可能成为大气温室气体的源, 泥炭土中的有机质能缓慢而持续的自然分解<sup>[33]</sup>。Inubushi 等对印尼热带泥炭土土地利用变化研究结果表明次生林泥炭土转化为水稻田增加了  $\text{CO}_2$  的年排放量, 向旱地转化减少了  $\text{CO}_2$  的释放。湿地被排水后, 植被吸收的  $\text{CO}_2$  增加, 但会由于矿化作用的增加而导致土壤  $\text{CO}_2$  释放的同时增加<sup>[33]</sup>。

## 2 土地利用 覆被变化对 $\text{CH}_4$ 排放通量的影响

通气良好的土壤是大气  $\text{CH}_4$  重要的汇<sup>[34]</sup>。土壤释放和吸收  $\text{CH}_4$  涉及复杂的微生物新陈代谢过程, 在适合的环境下, 土壤能同时产生和消耗  $\text{CH}_4$ , 净  $\text{CH}_4$  通量是正还是负取决于这些土壤微生物过程的相对数量<sup>[35]</sup>。 $\text{CH}_4$  的氧化发生在通气状况良好的土壤中, 影响氧化速率主要是气体扩散率, 但对温度的反应很小<sup>[34]</sup>。 $\text{CH}_4$  的产生需要严格厌氧条件,  $\text{CH}_4$  大量产生时环境的氧化还原电位 (Eh) 一般要求低于 -150 mV, 而通常土壤淹水后能够达到这种还原环境<sup>[36]</sup>。

不同的植被覆盖与土地利用方式对土壤  $\text{CH}_4$  吸收影响很大, 耕地、草地和森林土壤的平均  $\text{CH}_4$  吸收率分别为 0.28、0.52 和 1.51  $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ <sup>[37]</sup>。从山毛榉林到山毛榉-云杉林混交林和纯云杉林的转变使  $\text{CH}_4$  吸收下降<sup>[38]</sup>。树种可以通过凋落物质量、有机层形态和根系系统影响土壤对大气  $\text{CH}_4$  的源汇强度, 有机层的厚度和结构影响  $\text{CH}_4$  和  $\text{O}_2$  向土壤的扩散<sup>[38]</sup>。

开垦未扰动土壤会在较长时间内影响土壤吸收  $\text{CH}_4$  的能力, 森林或草地向农田转变会导致土壤  $\text{CH}_4$  排放的增加。在全球不同的地区和生态系统中, 土地利用变化特别是森林或草原向农业用地的转变破坏了原来的土壤结构, 导致土壤甲烷氧化菌的减少和土壤不透气阻碍气体的扩散等, 使土壤  $\text{CH}_4$  汇减少 60% 左右<sup>[2]</sup>。施用氮肥使甲烷氧化菌氧化  $\text{CH}_4$  受到  $\text{NH}_4^+$  或  $\text{NH}_3$  的抑制而导致土壤吸收

CH<sub>4</sub>的能力快速下降,拖拉机对土壤的压实也会减少土壤对CH<sub>4</sub>的吸收,而变成大气的CH<sub>4</sub>源<sup>[12]</sup>。

自然土壤经开垦和耕作后将在很长时间内影响土壤对大气CH<sub>4</sub>的氧化,即使在放弃耕作后,土壤对CH<sub>4</sub>的氧化活性也难以完全恢复。土地利用变化或施肥后土壤氧化大气CH<sub>4</sub>速率的恢复缓慢,大约需要100 a的时间才能恢复到干扰以前的状态<sup>[39]</sup>。从农业土壤向森林逆转甲烷氧化菌种群的恢复可能需要200 a或更长的时间<sup>[40]</sup>。有研究表明农田向牧草地转化,土壤有机碳和微生物碳含量只有轻微的增加,而向森林转化两者的含量都大大增加<sup>[12]</sup>。

湿地是CH<sub>4</sub>释放的重要源,湿地被排水后,会导致CH<sub>4</sub>的排放减少,甚至有些系统成为CH<sub>4</sub>的汇<sup>[32]</sup>。Inubushi等的研究表明次生林泥炭土转化为水稻田增加了CH<sub>4</sub>的年排放量,然而次生林向旱地转化减少了CH<sub>4</sub>的释放<sup>[33]</sup>。有研究表明没有排水森林地表CH<sub>4</sub>年排放量为排干后森林土壤的10倍<sup>[32]</sup>。由旱地向水稻田的转变,可能导致全球大气CH<sub>4</sub>在未来10 a增加20%左右<sup>[41]</sup>。湿地生态系统遭到破坏或转化为其他土地利用/覆盖类型,系统呈现旱化过程,此过程中由于异氧环境的逐渐消失,湿地表层土壤中的大量有机物分解就会加速,导致大量土壤有机碳释放到大气中,因此存在着CH<sub>4</sub>排放的减少与CO<sub>2</sub>排放的增加之间的平衡的问题<sup>[18]</sup>。由于CO<sub>2</sub>的吸收和CH<sub>4</sub>的释放过程都很复杂而且相互影响,目前,湿地生态系统的碳源/汇关系仍然存在较大争议<sup>[18]</sup>。

### 3 土地利用/覆被变化对N<sub>2</sub>O排放通量的影响

N<sub>2</sub>O主要的排放源是土壤<sup>[1]</sup>。不同土地利用方式/覆被对N<sub>2</sub>O通量的影响明显。将自然生态系统转变为农田后土壤N<sub>2</sub>O的排放增加,农业土壤是大气N<sub>2</sub>O主要的人为源<sup>[42]</sup>。鹤山果园年均地表N<sub>2</sub>O通量明显高于针叶林<sup>[43]</sup>。N<sub>2</sub>O的释放以及由硝化和反硝化作用产生的相对比例受环境条件和土壤管理措施的影响<sup>[44]</sup>。影响N<sub>2</sub>O排放的气候因素包括温度、降水和冻融作用<sup>[43, 45]</sup>。很多管理措施,例如耕作,豆类作物的种植,作物残留物的管理,无机氮肥的类型和施用比率都有助于N<sub>2</sub>O的排放<sup>[42]</sup>。很多导致N<sub>2</sub>O排放增多的管理措施能增加

土壤碳储量,增加的N<sub>2</sub>O排放抵消了一部分土壤碳储量,但改进管理措施可以减少N<sub>2</sub>O的排放,通过匹配植物所需的可利用氮的时间和空间模式可以避免过量的硝酸盐的积累,从而降低N<sub>2</sub>O排放,例如条带状施用化肥而不是采用广播的方式,或者把总施氮量分批次施用,均可以达到目的,因此,管理措施对减少土壤温室气体的排放是很重要的<sup>[42]</sup>。

农田向森林转化可减少N<sub>2</sub>O的排放。Merino等研究表明农田和牧草地的N<sub>2</sub>O排放量分别是森林的3倍和6倍<sup>[12]</sup>。造林之所以减少了N<sub>2</sub>O的排放,是由于没有施氮肥;此外由于放弃农业活动而改善了土壤特性的结果,造林后形成上层有机层,土壤结构和通气性的改善使厌氧微生物减少<sup>[12]</sup>。

湿地向耕作土壤转化可能增加或减少土壤N<sub>2</sub>O向大气的排放,这取决于转化后土壤的湿度,在氧化状况下为源,在还原状况下则为汇<sup>[33, 46]</sup>。Amoel等的研究表明,湿地被排水后会由于矿化作用的增加导致土壤N<sub>2</sub>O释放的增加,对N<sub>2</sub>O通量大小的影响主要取决于排水的强度、森林类型和土壤肥力,没有排水的地表N<sub>2</sub>O年排放量比排水土壤低,排水桉木林土壤比没排水桦树林要高5倍<sup>[47]</sup>。Inubushi等的研究表明,次生林泥炭土向水稻田和旱地转变后,3种土地利用类型土壤N<sub>2</sub>O的年排放通量为负值,且没有明显的变化趋势<sup>[33]</sup>。土壤含水量影响土壤的通气状况和氧化还原状况,并且通过影响NH<sub>4</sub><sup>+</sup>和NO<sub>3</sub><sup>-</sup>在土壤中的分布及其对微生物的有效性,影响土壤中硝化作用和反硝化作用,从而改变土壤N<sub>2</sub>O的排放。故当土壤含水量同时促进硝化作用和反硝化作用时,会导致大量N<sub>2</sub>O的产生与排放<sup>[34, 48]</sup>。

### 4 结语

土地利用方式/覆被的变化影响陆地生态系统的CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O的净排放和土壤的碳源/汇功能,进而改变了全球温室气体的收支平衡。天然次生林或草地生态系统由于土地利用方式的变化转化成农田生态系统后,陆地生态系统碳释放量增加,而不同的土地利用/覆盖变化格局造成的碳释放量不同。农田转变成森林生态系统后,土壤碳汇功能得到提高。森林或草原向农田的转变引致N<sub>2</sub>O排放在不同的气候带有很大的不同,其影响也随时间而变化。对很多土壤类型来说,采用免耕方式会增加碳截留,但会伴随着N<sub>2</sub>O排放的增加。湿地变为旱地后,植物

残体及沉积泥炭分解速率提高, 常常会增加土壤  $\text{CO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}$  的排放, 而减少  $\text{CH}_4$  的排放。土地利用变化和土地管理影响非  $\text{CO}_2$  痕量气体的排放, 从而改变综合的 GWP, 因此土地利用方式 / 覆被的变化对土壤温室气体排放的影响要综合考虑  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  的共同作用。目前, 人们对土地利用 / 覆盖变化影响陆地生态系统温室气体的规律性认识存在不足, 土地利用 / 覆盖变化引起的温室气体源汇功能的评估仍存在极大的不确定性。因此加强对温室气体发生机理的研究, 进行多点长期、区域性测量, 以获得代表性较强的数据, 将为准确评价土地利用方式 / 覆被变化对大气温室气体的影响, 对于人类社会制定、实施和评价应对气候变化的政策和措施更具有针对性和有效性。

## 参考文献 (References)

- [1] Houghton R A. Temporal patterns of land-use change and carbon storage in China and tropical Asia [J]. *Science in China Series C*, 2002, 45 (Suppl): 10~17
- [2] Smith K A, Dobbie K E, Ball B C, *et al*. Oxidation of atmospheric methane in Northern European soils: comparison with other ecosystems and uncertainties in the global terrestrial sink [J]. *Global Change Biology*, 2000, 6: 791~803
- [3] Smith K A and Conen F. Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases [J]. *Soil Use & Management*, 2004, 20: 255~263
- [4] Houghton R A. Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850 [A]. In: Lai R (eds). *Soil and Global Changes* [C]. Florida: CRC Press, Boca Raton, 1995: 45~65
- [5] Paul E A, Polglase P J, Nyakumanga J G., *et al*. Change in soil carbon following afforestation [J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 168: 241~257
- [6] Wuebbles D J and Hayhoe K. Atmospheric methane and global change [J]. *Earth-Science Reviews*, 2002, 57: 177~210
- [7] Dobbie K E, Smith K A, Prime A, *et al*. Effect of land use on the rate of methane uptake by surface soils in northern Europe [J]. *Atmospheric Environment*, 1996, 30(7): 1005~1011
- [8] Willison T W, Webster C P, Groulik K W T, *et al*. Methane oxidation in temperate soils: Effects of land use and the chemical form of nitrogen fertilizer [J]. *Chemosphere*, 1995, 30(3): 539~546
- [9] Bouwman A F. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. In: Bouwman, A. F. (Ed.), *Soils and the Greenhouse Effect* [M]. Chichester: Wiley, 1990: 61~127
- [10] Liu Hui, Zhao Ping, Lin Yongbiao, *et al*. Soil respiration under different land use types in a Hilly Area of South China [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(12): 2021~2027 [刘惠, 赵平, 林永标, 等. 华南丘陵区不同土地利用方式下土壤呼吸 [J]. *生态学杂志*, 2007, 26(12): 2021~2027]
- [11] Liu Hui, Zhao Ping, Lin Yongbiao, *et al*.  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$  fluxes from soil surface of 2 land use in hilly area of south China [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2008, 16(3): 189~196 [刘惠, 赵平, 林永标, 等. 华南丘陵区 2 种土地利用方式下地表  $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  通量研究 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2008, 16(3): 189~196]
- [12] Merino A, Pérez-Batalán P, Madas F. Responses of soil organic matter and greenhouse gas fluxes to soil management and land use changes in a humid temperate region of southern Europe [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, 36: 917~925
- [13] Raich J W, Schlesinger W H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate [J]. *Tellus*, 1992, 44B: 81~99
- [14] Raich J W, Potter C S. Global patterns of carbon dioxide emissions from soil [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 1995, 9: 23~36
- [15] Ohashi M, Gyokusen K, Saito A. Contribution of root respiration to total soil respiration in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) artificial forest [J]. *Ecological Research*, 2000, 15: 323~333
- [16] Guo Liping and Lin Erda. Carbon sink in cropland soils and the emission of greenhouse gases from paddy soils: a review of work in China [J]. *Chemosphere-Global Change Science*, 2001, 3: 413~418
- [17] Prentice I C, Farquhar G D, Fasham M J R, *et al*. The Carbon cycle and atmospheric carbon dioxide [A]. In: Working Group I to the Third Assessment Climate Change 2001: The Scientific Basis. WMO and UNEP Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [C]. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2001: 56~58
- [18] Chen Guangsheng and Tian Hanqin. Land use / cover change effects on carbon cycling in terrestrial ecosystems [J]. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(2): 189~204 [陈广生, 田汉勤. 土地利用 / 覆盖变化对陆地生态系统碳循环的影响 [J]. *植物生态学报*, 2007, 31(2): 189~204]
- [19] Raich J W and Wufekking A. Vegetation and soil respiration: Correlations and Controls [J]. *Biogeochemistry*, 2000, 48: 71~290
- [20] Klopatek J M. Belowground carbon pools and processes in different aged stands of Douglas fir [J]. *Tree Physiology*, 2002, 22: 197~204
- [21] Pahnuth S, Maier C A, McCarthy H R, *et al*. Contrasting responses to drought of forest floor  $\text{CO}_2$  efflux in a Loblolly pine plantation and a nearby Oak-Hickory forest [J]. *Global Change Biology*, 2005, 11: 421~434
- [22] Asner G P, Knapp D E, Broadbent E N, *et al*. Selective logging in the Brazilian Amazon [J]. *Science*, 2005, 310(5747): 480~482
- [23] Houghton R A. Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850 [A]. In: Lai R (eds). *Soil and Global Changes* [C]. Florida: CRC Press, Boca Raton, 1995: 45~65
- [24] Priess J, Fölster H. Microbial properties and soil respiration in submontane forest of Venezuelan Guyana: characteristics and response to fertilizer treatments [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001, 33: 503~509
- [25] Li Linghao. Effects of land-use change on soil carbon storage in grassland ecosystems [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(4): 300~302 [李凌浩. 土地利用变化对草原生态系统土壤碳贮量的影响 [J]. *植物生态学报*, 1998, 22(4): 300~302]
- [26] Wang Yuesi, Ji Baoming, Huang Yaqi, *et al*. Effects of grazing and cultivating on emission of nitrous oxide, carbon dioxide and uptake of methane from grasslands [J]. *Chinese Journal of Environmental*

- Science 2001, 22(6): 7~13 [王跃思, 纪宝明, 黄耀, 等. 农垦与放牧对内蒙古草原  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  排放和  $\text{CH}_4$  吸收的影响 [J]. 环境科学, 2001, 22(6): 7~13]
- [27] WBGU, WBGU special report the accounting of biological sink and sources Under the Kyoto Protocol [R]. 1998
- [28] Rodríguez-Murillo J C. Organic carbon content under different types of land uses and soil in peninsular Spain [J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2001, 33: 53~61
- [29] Enmerling C, Edelhoven T, Schöder D. Response of soil microbial biomass and activity to agricultural de-intensification over a 10 year period [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001, 33: 2105~2114
- [30] Paul K I, Polglase P J, Nyakengema J G, *et al* Change in soil carbon following afforestation [J]. *Forest Ecology Management*, 2002, 168: 241~257
- [31] Minkinen K, Korhonen R, Savolainen J *et al* Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900 – 2100 – the impact of forestry drainage [J]. *Global Change Biology*, 2002, 8: 785~799
- [32] von A mold K, Nilsson M, Hånell B, *et al* Fluxes of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$  from drained organic soils in deciduous forests [J]. *Soil biology & biochemistry*, 2005, 37(6): 1059~1071
- [33] Inubushi K, Furukawa Y, Hadi A, *et al* Seasonal changes of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$  fluxes in relation to land-use change in tropical peatlands located in coastal area of South Kalimantan [J]. *Chemosphere*, 2003, 52: 603~608
- [34] Smith K A, Ball T, Conen F, *et al* Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes [J]. *European Journal of Soil Science*, 2003, 54: 779~791
- [35] Knowles R. Methane: processes of production and consumption [A]. In: Agricultural ecosystem effect on trace gases and global climate change ASA Special Publication 55 [C]. Madison, WI: ASA/CSSA/SSSA, 1993: 43~60
- [36] Din W eixing, Cai Zucong. Effect of temperature on methane production and oxidation in soils [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(4): 604~608 [丁维新, 蔡祖聪. 温度对甲烷产生和氧化的影响 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 604~608]
- [37] Hütsch B W. Methane oxidation in non-flooded soils as affected by crop production [J]. *European Journal of Agronomy*, 2001, 14: 237~260
- [38] Borken W and Beese F. Methane and nitrous oxide fluxes of soils in pure and mixed stands of European beech and Norway spruce [J]. *European Journal of Soil Science*, 2006, 57: 617~625
- [39] Phillips R L, Whalen S C, Schlesinger W H. Influence of atmospheric  $\text{CO}_2$  enrichment on methane consumption in a temperate forest soil [J]. *Global Change Biology*, 2001, 7(5): 557~563
- [40] Prime A and Christensen S. Seasonal and spatial variation of methane oxidation in a Danish spruce forest [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1997, 29: 1165~1172
- [41] Liou R M, Huang S N, Lin C W. Methane emission from fields with differences in nitrogen fertilizers and rice varieties in Taiwan paddy soils [J]. *Chemosphere*, 2003, 50: 237~246
- [42] Liu H, Zhao P, Lu P, *et al* Greenhouse gas fluxes from soils of different land-use types in a hilly area of South China [J]. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 2008, 124: 125~135
- [43] Gregorich E G, Rochette P, Vanden Bygaart A J, *et al* Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada [J]. *Soil & Tillage Research*, 2005, 83(1): 53~72
- [44] Mosier A R, Schimel D, Valentine D, *et al* Methane and nitrous oxide fluxes in native fertilized and cultivated grasslands [J]. *Nature*, 1991, 350: 330~332
- [45] Burton D L and Beauchamp E G. Profile nitrous oxide and carbon dioxide concentrations in a soil subject to freezing [J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1994, 58: 115~122
- [46] Hadi A, Inubushi K, Pumomo E, *et al* Effects of land-use changes on nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ) emission from tropical peatlands [J]. *Chemosphere: Global Science Change*, 2000, 2(3): 347~358
- [47] A mold K, Nilsson M, Hånell B, *et al* Fluxes of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$  from drained organic soils in deciduous forests [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 7: 1059~1071
- [48] Kiese R and Butterbach-Bahl K.  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  emissions from three different tropical forest sites in the wet tropics of Queensland, Australia [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, 34: 975~987

## On the Impacts of Land-use/cover Change on Greenhouse Gas Emission Fluxes

LIU Hui<sup>1</sup>, Zhao Ping<sup>2</sup>

(1. School of Resources and Environment, Guangdong University of Business Studies, Guangzhou 510320, China)

(2. South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract** Land use/cover change has changed the global balance of greenhouse gas by affecting its net emission. Synthetic global warming potential (GWP) is changed because the conversion between forest, grassland and farmland or between wet land and dry land and land administration measures affect soil carbon and other trace gas release. Synthetic effect of land use/cover change on releases of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$  should be considered. Research on greenhouse gas in respect of its developing mechanism should be strengthened. The emphasis should be put on the rational land use and land administration measures to decrease global greenhouse gas concentration in the future.

**Key words** land use/cover change (LUCC);  $\text{CO}_2$ ;  $\text{CH}_4$ ;  $\text{N}_2\text{O}$