

①

# 天然草地利用方式改变对土壤排放 CO<sub>2</sub>和吸收 CH<sub>4</sub> 的影响

李玉娥 林而达 (中国农业科学院农业气象研究所, 北京 100081)

**摘要** 1997年~1998年在内蒙古达拉特旗中国农业科学院草原研究所草原生态试验站对天然草地、天然草地转变为人工草地、玉米和土豆地后, 土壤 CO<sub>2</sub> 排放和 CH<sub>4</sub> 吸收通量进行了测定。天然草地、人工草地和旱地农田均为大气中甲烷的吸收汇, 天然草地转变为农田后, 增强了土壤的 CO<sub>2</sub> 排放量, 减少了土壤对大气中甲烷的吸收。天然草地和玉米地的 CO<sub>2</sub> 排放通量与 5 cm 处土壤温度呈线性相关, 土壤对甲烷的吸收率与土壤含水量呈线性负相关, 与土壤温度没有相关关系。

**关键词** 草原土地利用 二氧化碳排放 甲烷吸收 土壤 温室气体

**Effect of Variation in Land Use Pattern of Natural Grassland on Its CO<sub>2</sub> Emission and CH<sub>4</sub> Uptake** · Li Yu'e et al (Agrometeorology Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, BEIJING 100081); *Rural Eco-Environment*, 2000, 16(2): 14-16, 44

**Abstract** During the period of 1997-1998, the Dalate Grassland Ecosystem Experimental Station of the Grassland Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences carried out a research project determining soil CO<sub>2</sub> emission and CH<sub>4</sub> uptake fluxes of natural grassland, erected milkvetch grassland, corn field and potato field (the latter three had been reclaimed from the former). Results show that natural grassland, erected milkvetch grassland and upland farm field were all sinks for atmospheric methane. The conversion of natural grassland to farmland increased CO<sub>2</sub> emission from the soil and decreased CH<sub>4</sub> uptake by the soil from the atmosphere. CO<sub>2</sub> emission from the natural grassland and cornfield was in positive linear relationship with soil temperature in 5 cm depth while the CH<sub>4</sub> uptake of the soil was in negative linear relationship with soil moisture.

**Key words** CO<sub>2</sub>, emission, CH<sub>4</sub>, uptake, grassland, greenhouse gases, land use, soil

## 1 引言

土地利用变化是仅次于化石燃料燃烧的影响人为二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放的第二大因素。<sup>[1]</sup> 由于土地利用变化向大气排放的 CO<sub>2</sub> 净增量为 1.6 ± 1.0 GtC/a, 造成的全球辐射效应占 14%。<sup>[2,3]</sup>

草地、森林和旱地农田等生态系统土壤都消耗大气中的甲烷 (CH<sub>4</sub>)。好气土壤是对流层甲烷第二个最大的吸收汇, 占全球甲烷总排放量的 10%~15%。<sup>[2,4]</sup> 土地利用变化包括天然林地和天然草地转变为农业用地, 降低了土壤吸收大气甲烷的能力。天然草地被开垦后, 土壤

对甲烷的吸收能力降低约 35%。<sup>[5]</sup>

我国天然草地面积为 3.9 亿 hm<sup>2</sup>, 占国土面积的 41.4%。近 40 a 来, 我国有 600 万 hm<sup>2</sup> 天然草地被开垦为农田。<sup>[6]</sup> 目前我国对天然草地以及天然草地转变为人工草地、农田后土壤排放 CO<sub>2</sub> 和对大气中甲烷的吸收了解甚少。本研究的目的是: (1) 测定天然草地、人工草地和农田 CO<sub>2</sub> 排放和 CH<sub>4</sub> 吸收通量; (2) 分析不同土地利用方式对土壤排放 CO<sub>2</sub> 和吸收大气中甲烷的影响。

① 科技部和国家自然科学基金重大项目“中国农业生态系统与全球变化相互作用的机理研究”(编号 39899370-3) 1999-10-08 收稿, 1999-12-27 修回

## 2 材料与方法

利用封闭式测定箱技术测定气体排放通量。采气箱包括底座和箱体两部分,底座直径为 12.5 cm、高 20 cm,箱体直径为 12.5 cm、高 30 cm。在试验前将底座插入土壤中 10 cm。测定箱内不含植物。在采样时,用水将底座与箱体密封。在箱体的顶部安装了阀门,在采样箱罩住土壤时进行第 1 次采样,1 h 后对采样箱中的气体进行第 2 次采样,利用两者间的差异计算气体排放通量。

利用气相色谱(SP-3420)分析样品中的 CO<sub>2</sub> 浓度,载气为氢气,流速为 15 ml/min,检测器为热导(TCD),检测器和炉温分别为 60°C 和 40°C,分析柱填料为 Chromosorb 102, 80~100 目。利用气相色谱(HP 5890)分析样品中的 CH<sub>4</sub> 浓度,载气为氮气,流速为 30 ml/min,检测器为氢火焰(FID),检测器和炉温分别为 200°C 和 60°C,分析柱填料为 Pare Pack Q。

试验在中国农业科学院草原研究所草原生态试验站(内蒙古自治区达拉特旗)进行。试验站位于鄂尔多斯高原,年平均降水量为 310 mm,年平均气温为 6°C。天然草地土壤有机质含量为 5.6 g/kg,土壤总氮、总磷、总钾含量分别为 0.31、0.31 和 21.7 g/kg,速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 26、0.39、36.3 mg/kg,土壤 pH 9.7,土壤容重为 1.52 t/m<sup>3</sup>。1997 年试验期间对 4 种土地利用方式下土壤排放或吸收温室气体进行了测定。

## 3 结果与分析

### 3.1 CO<sub>2</sub> 排放

土壤是 CO<sub>2</sub> 的重要排放源。以往的研究表明,天然生态系统转变为人工生态系统会使排放通量增大。<sup>[11]</sup>对草原生态系统的测定,表明了类似的结果。

#### 3.1.1 土壤温度对 CO<sub>2</sub> 排放的影响

土壤温度是影响土壤微生物呼吸的主要因素,因此土壤 CO<sub>2</sub> 排放通量具有明显的季节变

化,夏季是排放高峰期。

天然草地、玉米地土壤 CO<sub>2</sub> 排放通量与 5 cm 处土壤温度呈极显著线性相关关系。

天然草地:1997 年,土壤温度变化范围为 2.7~32.7°C,回归方程为

$$Y = 0.46T - 1.10^{**} \quad (1)$$

式中, Y —— 土壤 CO<sub>2</sub> 排放通量(以 C 计), kg/(hm<sup>2</sup> · d);

T —— 5 cm 处土壤温度, °C。

式(1), 自由度(n-2) = 69, r = 0.70, P < 0.01。

玉米地:1998 年,土壤温度变化范围为 15.0~33.6°C,回归方程为

$$Y = 1.24T - 11.84^{**} \quad (2)$$

式中, Y、T 同式(1)。

式(2), 自由度(n-2) = 26, r = 0.65, P < 0.01。

CO<sub>2</sub> 排放通量与 10 cm、20 cm 处土壤温度的相关关系不如与 5 cm 处的。

#### 3.1.2 土地利用方式对 CO<sub>2</sub> 排放的影响

天然草地 CO<sub>2</sub> 排放通量低于人工草地和农田。1997 年,从 11 次天然草地与人工草地排放量平行观测结果得出:天然草地的平均 CO<sub>2</sub> 排放通量为 8.35 kg/(hm<sup>2</sup> · d),而与此相邻的人工草地(具有相同的土壤类型)的 CO<sub>2</sub> 排放通量为 16.43 kg/(hm<sup>2</sup> · d)。这可能是由于天然草地转变为农田后,土壤有机碳含量增加的缘故。种植沙打旺后,土壤有机碳含量由原来的 2.3 g/kg 增加到 2.9 g/kg。天然草地转变为玉米地和土豆地后,土壤的 CO<sub>2</sub> 排放量也比天然草地分别高 31.6% 和 38.2%。1998 年,天然草地生长期间 CO<sub>2</sub> 平均排放通量为 10.42 kg/(hm<sup>2</sup> · d)。而与玉米地排放通量平行测定期间(玉米生长期),天然草地 CO<sub>2</sub> 平均排放通量为 11.92 kg/(hm<sup>2</sup> · d),玉米地土壤平均排放通量为 20.02 kg/(hm<sup>2</sup> · d),比天然草地高 68% (表 1)。表明天然草地受到人为干扰后,土壤 CO<sub>2</sub> 排放量增加。

### 3.2 CH<sub>4</sub> 吸收

据报道,草地、森林、旱地等生态系统的好

氧土壤都消耗大气中的甲烷,是甲烷的吸收汇。<sup>[2,4,7~9]</sup>土壤含水量是控制土壤对甲烷吸收通量的主要因子。<sup>[9]</sup>Stuedler 等<sup>[10]</sup>的研究认为,当草地土壤含水量较大时,土壤将变为甲烷排放源。本研究的结果与此基本一致。

表1 不同土地利用方式下平均CO<sub>2</sub>排放通量[kg/(hm<sup>2</sup>·d)]  
Table 1 Mean CO<sub>2</sub> emission rate of different patterns of landuse

土地利用	测定期	1997年	1998年
天然草地	牧草生长期	7.49	10.42
人工草地	沙打旺生长期	16.43(8.35)	
玉米地	玉米生长期	8.22(5.62)	20.02(11.902)
土豆地	土豆生长期	9.09(5.62)	

注:括号中的数据为同时测定的天然草地的气体排放通量。

### 3.2.1 土壤含水量对天然草地CH<sub>4</sub>吸收的影响

对15组测定数据的回归分析表明,天然草地CH<sub>4</sub>吸收通量与土壤含水量呈极显著线性负相关关系。

$$Y = -0.615X + 8.53^{**} \quad (3)$$

式中, Y —— 土壤CH<sub>4</sub>吸收通量, g/(hm<sup>2</sup>·d);

T —— 土壤容积含水量, %。

式(3), 自由度(n-2) = 13, r = 0.665, P < 0.01; 土壤含水量变化范围为0.32%~15.60%。

### 3.2.2 土壤温度对CH<sub>4</sub>吸收的影响

观测结果表明,土壤温度对天然草地、玉米地CH<sub>4</sub>吸收通量无明确的影响。CH<sub>4</sub>吸收通量与5、10、20 cm处土壤温度之间不存在线性相关关系。

### 3.2.3 土地利用方式对CH<sub>4</sub>吸收的影响

天然草地、人工草地、玉米地、土豆地作物生长期的平均CH<sub>4</sub>吸收通量如表2所示。

从11次天然草地与人工草地的平行观测结果得出:人工草地(具有相同的土壤类型),吸收通量与天然草地相比降低了65%;天然草地转变为玉米地和土豆地后,土壤对甲烷的吸收通量分别比天然草地降低了56%和42%(1998年玉米地的甲烷吸收通量与天然草地相比降低

了41%)。天然草地转变为其他利用方式后,甲烷吸收通量降低的原因可能是由于施肥、农田灌溉和对土壤的扰动。Ojima 等<sup>[12]</sup>报道温带草地施肥和转变为农田使土壤对甲烷的吸收通量降低30%~75%, Mosier 等<sup>[7]</sup>报道草地的利用方式或管理措施发生变化后,土壤对甲烷的吸收减少。

表2 不同土地利用方式下平均CH<sub>4</sub>吸收通量[g/(hm<sup>2</sup>·d)]  
Table 2 Mean CH<sub>4</sub> absorption rate of different patterns of landuse

土地利用	测定期	1997年	1998年
天然草地	牧草生长期	3.89	3.32
人工草地	沙打旺生长期	1.6(4.55)	
玉米地	玉米生长期	4.83(8.56)	1.95
土豆地	土豆生长期	3.58(8.56)	

注:括号中的数据为同时测定的天然草地吸收通量。

## 4 小结

在1997年和1998年天然牧草生长期,天然草地平均CO<sub>2</sub>排放通量分别为7.49和10.4 kg/(hm<sup>2</sup>·d),均比人工草地、农田低。这表明,天然草地转变为农田后,增加了土壤的CO<sub>2</sub>排放量。天然草地和玉米地的CO<sub>2</sub>排放通量与5 cm处土壤温度呈线性相关。

天然草地、人工草地和旱地农田均为大气中甲烷的吸收汇。在1997年和1998年天然牧草生长期,天然草地甲烷平均吸收通量分别为3.89和3.32 g/(hm<sup>2</sup>·d),均比人工草地、农田高。这表明,天然草地转变为农田后,降低了土壤对甲烷的吸收。土壤对甲烷的吸收通量与土壤(容积)含水量呈线性负相关,与土壤温度没有相关关系。

## 参考文献

- 1 IPCC. Climate Change: The IPCC Impacts assessment. IPCC Working Group II. McG Tagart EJ, Sheldon WG, Griffiths DC (eds), Australian Government Publishing Service, Australia, 1990, 275
- 2 IPCC. Radiative Forcing of Climate Change. The 1994

(下转第44页)

- bility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. *Resources, Conservation and Recycling*, 1994, 11:41-49
- 14 Ebbs SD, Lasat MM, Brady DJ, et al. Phytoextraction of cadmium and zinc from a contaminated soil. *Journal of Environmental Quality*, 1997, 26:1424-1430
- 15 沈振国, 刘友良, 陈怀满. 整合剂对重金属超量积累植物 *Thlaspi caerulescens* 锌、铜、锰和铁吸收的影响. *植物生理学报*, 1998, 24:340-346
- 16 Wu J, Hsu FC, Cunningham SD. Chelate-Assisted Pb phytoextraction: Pb availability, uptake and translocation constraints. *Environmental Science and Technology*, 1999, 33:1898-1904
- 17 Huang JW, Cunningham SD. Lead phytoextraction: species variation in lead uptake and translocation. *New Phytologist*, 1996, 134:75-84
- 18 Dushenkov S, Mikheev A, Prokhnovsky A, et al. Phytoremediation of radiocesium-contaminated soil in the vicinity of Chernobyl, Ukraine. *Environmental Science and Technology*, 1999, 33:469-475
- 19 Banuelos GS, Cardon G, Macckey B, et al. Boron and selenium removal in boron-laden soils by <sup>4</sup> sprinkler irrigated plant-species. *Journal of Environmental Quality*, 1993, 22:786-792
- 20 de Souza MP, Pilon-Smits EAH, Lytle CM, et al. Rate-limiting steps in selenium assimilation and volatilization by Indian mustard. *Plant Physiology*, 1998, 117:1487-1494
- 21 Zayed AM, Lytle CM, Terry N. Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants. *Planta*, 1998, 206:284-292
- 22 Rugh CL, Wilde HD, Staeck NM, et al. Mercuric ion reduction and resistance in transgenic *Arabidopsis thaliana* plants expressing a modified bacterial merA gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1996, 93:3182-3187
- 23 Cotter-Howells JD, Caporn S. Remediation of contaminated land by formation of heavy metal phosphates. *Applied Geochemistry*, 1996, 11:335-342
- 24 Lovley DR. Microbial reduction of iron, manganese, and other metals. *Advances in Agronomy*, 1995, 54:175-231
- 25 Cantafio AW, Hagen KD, Lewis GE, et al. Pilot-scale selenium bioremediation of San Joaquin drainage water with *Thauera selenatis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 1996, 62:3298-3303

(上接第 16 页)

- Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC, Summary for Policymakers. WMO/UNEP, Geneva, Switzerland, 1994
- 3 IPCC. *Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Watson RT, Zinyowera MC, Moss RH (eds). Cambridge University Press, 1996
- 4 Reeburgh WS, Whalen SC & Alper MJ (1993) The role of methylophony in the global methane budget. *Microbial Growth on C<sub>1</sub> Compounds*. 1-14
- 5 Mosier AR, Parton WJ, Valentine DW, et al. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in the Colorado shortgrass steppe 2. Long-term impact of land use change. *Global Biogeochemical Cycles*, 1997, 11(1):29-42
- 6 旭日干主编. 李博文集. 北京: 科学出版社. 1999
- 7 Mosier AR, Schimel DS, Valentine D, et al. Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands. *Nature*. 1991, 350:330-332
- 8 Steudler PA, Bowden RD, Melillo JM, et al. Influence of nitrogen fertilization on methane uptake in temperate forest soils. *Nature*, 1989, 341:314-316
- 9 Whalen SC, Reeburgh WS. Consumption of atmospheric methane by tundra soils. *Nature*. 1990, 346:160-162
- 10 Steudler PA, Melillo JM, Feigl BJ, et al. Consequence of forest-to-pasture conversion on CH<sub>4</sub> fluxes in the Brazilian Amazon Basin. *J of Geophysical Research*. 1996, 101:D13, 18547-18554
- 11 Cole CV, Flach K, Lee J, et al. Agricultural sources and sinks of carbon. *Water, Air and Soil Pollution* 1993, 70:111-122
- 12 Ojima DS, Valentine DW, Mosier AR, et al. Effect of land use change on methane oxidation in temperate forest and grassland soils. *Chemosphere*, 1993, 26:1-4, 675-685