

不同耕作措施下冬小麦生长季农田二氧化碳排放通量及其与土壤温度的关系*

李琳^{1,2} 张海林 陈阜^{**} 李素娟

(¹ 中国农业大学农学与生物技术学院农业部作物栽培与耕作学重点开放实验室, 北京 100094; ² 北京市农业技术推广站, 北京 100029)

摘要 利用长期定位试验研究了华北平原不同耕作措施下冬小麦生育期农田 CO₂ 排放通量, 并对 CO₂ 排放通量和土壤温度进行了回归模拟. 结果表明: 冬小麦生育期 CO₂ 排放速率表现为翻耕 > 旋耕 > 免耕, 平均分别为 343.69、337.54 和 190.47 mg · m⁻² · h⁻¹. 各处理冬小麦生育期 CO₂ 排放通量与土壤温度呈显著正相关, 翻耕地 CO₂ 排放通量与 10 cm 地温相关性最高, 旋耕地和免耕地则与 10 cm 和 20 cm 地温相关性较高. CO₂ 排放通量和土壤温度呈指数函数关系 (P < 0.01), 利用 10 cm 地温对冬小麦生育期农田 CO₂ 排放通量进行估算表明, 翻耕、旋耕和免耕地 CO₂ 排放分别为 1.88、1.89 和 1.03 kg · m⁻².

关键词 保护性耕作 土壤呼吸 土壤温度

文章编号 1001-9332(2007)12-2765-06 中图分类号 S154.1 文献标识码 A

CO₂ flux and its correlation with soil temperature in winter wheat growth season under different tillage measures. LI Lin, ZHANG Hai-lin, CHEN Fu, LI Su-juan (¹Key Laboratory of Crop Cultivation & Farming System of Agriculture Ministry, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; ²Beijing Station of Agricultural Technological Extension, Beijing 100029, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2007, 18(12): 2765-2770.

Abstract: Based on a long-term experiment, this paper investigated the CO₂ flux in winter wheat growth season under different tillage measures, and simulated the correlation between the flux and soil temperature by regression method. The results indicated that under different tillage measures, the average CO₂ emission rate in winter wheat growth season was in the order of moldboard plow tillage (F) > minimum tillage (X) > no-tillage (M), with the value being 343.69, 337.54 and 190.47 mg · m⁻² · h⁻¹, respectively. There was a significant exponential correlation between CO₂ flux and soil temperature, which was most significant for the soil temperature at the depth of 10 cm under F, and relatively significant for the soil temperature at the depth of 10 and 20 cm under X and M. Simulating with the soil temperature at the depth of 10 cm, the CO₂ flux in winter wheat growth season was estimated as 1.88 kg · m⁻² under F, 1.89 kg · m⁻² under X, and 1.03 kg · m⁻² under M.

Key words: conservation tillage; soil respiration; soil temperature.

1 引言

土壤是仅次于海洋的全球第二大有机碳库, 土壤中储存的有机碳(SOC)高达 1.5 × 10¹⁸ g, 是大气 CO₂ 的重要来源, 其 CO₂ 排放通量在全球 CO₂ 地-气交换和大气 CO₂ 浓度变化中起着重要作用^[8, 19]. 据

估计, 全球土壤每年向大气排放的碳量约占全球总排放量的 5% ~ 20%, 人类活动等造成的全球土壤有机碳储量下降已使大气中的 CO₂ 浓度提高了近 140 μl · L⁻¹^[9]. 西方国家由于实行保护性耕作和少免耕措施, 最近时期的农业土壤碳库呈稳定增长趋势, 可以较显著地弥补其碳排放^[13-14, 20]. 国内关于保护性耕作的研究一般停留在增产增效的水平上, 而对温室气体的研究又都集中在季节和日变化及其影响因素上^[1, 3-5], 虽然就土地利用方式和施肥条件

* 国家科技支撑计划项目(2006BAD15B01)和农业部重点资助项目.

** 通讯作者. E-mail: chenfu@cau.edu.cn

2006-10-23 收稿, 2007-09-19 接受.

对 CO₂ 排放的影响进行了一些研究^[6,11],但关于保护性耕作对温室气体排放的影响研究较少^[12,17]。一般认为 CO₂ 排放与 5 cm 或 10 cm 地温密切相关^[5,12],但对不同耕作措施下土壤温度的变化及其对 CO₂ 排放的影响研究并不系统^[12],尤其利用连续地温对 CO₂ 排放通量进行模拟研究更少。本文利用静态箱法测定了长期不同耕作措施下冬小麦生长季节农田 CO₂ 排放通量,同时采用铜-康铜热电偶对各处理不同层次土壤温度进行连续测定,分析各层土壤温度与 CO₂ 排放通量的关系,并模拟不同耕作措施下冬小麦生育期农田 CO₂ 排放通量,以期预测保护性耕作条件下土壤固碳潜力和温室气体减排提供依据。

2 材料与方法

2.1 试验设计

试验在中国科学院栾城生态试验站长期定位试验基础上进行。该长期定位试验于 2001 年开始。试验站位于河北省石家庄市栾城县聂家庄乡(37°50'N,114°40'E),海拔 50.1 m,年均气温 12.2 °C,年均降水量 480.7 mm。试验土壤为潮褐土,质地为壤土,实验地为典型的小麦/玉米一年两熟农作区。

试验采用大田方法,设 3 个处理:1)翻耕(F):玉米收获后秸秆粉碎 2 遍还田,翻耕 1 遍后旋耕机旋 2 遍,播种小麦,翻耕深 15 cm;2)旋耕(X):玉米收获后秸秆粉碎 2 遍还田,旋耕机旋 2 遍,播种小麦,旋耕深 5 cm;3)免耕(M):直立秸秆自然分布于农田,免耕播种机一次性完成秸秆粉碎、播种、施肥和镇压作业。每处理 0.33 hm²。耕作处理差异主要在冬小麦种植上,前茬玉米采用免耕套种,3 个处理小麦收获时秸秆均粉碎还田。各处理的作物品种、肥水等管理措施相同,均参照当地一般水平。于 2005 年 9 月 27 日人工收获玉米,同时将翻耕和旋耕处理玉米秸秆粉碎还田,2005 年 10 月 5 日播种冬小麦。2004 年冬小麦和 2005 年夏玉米秸秆还田量见表 1。

表 1 不同耕作措施下农田秸秆还田碳量

Tab.1 C quantity of straw return to field under different tillage measures (kg C · hm⁻² · a⁻¹)

处理 Treatment	冬小麦 Winter wheat		夏玉米 Summer corn		麦/玉 总量 Total
	茎叶 Stem and leaf	根 Root	茎叶 Stem and leaf	根 Root	
F	2941.98	302.70	3225.03	398.30	6868.01
X	3161.49	312.06	3494.47	400.78	7368.8
M	2646.45	279.60	3866.94	498.29	7291.28

F:翻耕 Moldboard plow tillage; X:旋耕 Minimum tillage; M:免耕 No-tillage. 下同。The same below.

2.2 研究方法

2.2.1 CO₂ 排放通量的测定 CO₂ 排放通量采用静态箱法测定。采样箱用有机玻璃制成,箱底 30 cm × 30 cm、高 60 cm。小麦播种后,在每处理农田中各安装 3 个静态箱底座进行 3 次重复测定,底座埋入作物行间,入土 5 cm,整个小麦生长季节底座不再移动。取样时,采样箱垂直安放在底座凹槽内并用水密封,以保证箱内气体不与大气进行气体交换。采样前,将箱内顶部风扇打开,使箱内气体混和均匀,在盖箱之初及之后的 10、20 和 30 min 用 50 ml 注射器从箱中抽取气体,通过旋转三通阀转移到 0.5 L 气体采样袋备测。气体测定使用 HP6890N 型色谱仪,测定 CO₂ 的检测器为 FID,测定温度 200 °C,柱型为 Porpak Q 柱,柱温 70 °C。从 2005 年 10 月 5 日整地开始时进行采样,其中秋季和春季小麦返青前每月测定 1 次,冬季只在 2 月 20 日进行 1 次测定,小麦返青(3 月 20 日)后每隔 10 d 测定 1 次,6 月 10 日小麦收获后结束,共测定 12 次,每次测定均在 9:00—10:00 完成。

排放通量由箱中气体浓度随时间的变化率计算得出,通量计算方程为:

$$F = dc/dt(hM_w T_{st}) / (M_v(T_{st} + T))$$

式中 F 为排放通量(mg · m⁻² · h⁻¹), dc/dt 为箱内痕量气体随时间的变化率, h 为采样箱高, M_w 为痕量气体的摩尔质量, T_{st} 为标准状态下的温度 273.2 k, M_v 为痕量气体的摩尔体积, T 为测定时的土壤温度。

2.2.2 土壤温度的测定 测定气体排放的同时,采用铜-康铜热电偶分别测定土壤 2.5、5、10 和 20 cm 处温度,每 10 min 测定 1 次,30 min 进行平均,数据采集仪自动记录。热电偶探头埋于翻耕和旋耕处理的行间,免耕处理的垄背处。

2.3 数据分析

利用 Excel 和 SPSS 软件对数据进行统计分析。

3 结果与分析

3.1 不同耕作措施对冬小麦生长季农田 CO₂ 排放速率的影响

由图 1 可知,在整个小麦生育期,各处理 CO₂ 排放速率的变化趋势基本相同,均呈先降低后升高再降低的趋势,且 CO₂ 排放速率高峰期均出现在 10 月 5 日和 4 月 30 日。但不同耕作措施对其排放有一定影响,翻耕地和旋耕地在 5 月 20 日有一个呼吸小高峰,而免耕地则没有。在整个测定期内,免耕地 CO₂ 排放通量均小于翻耕地和旋耕地。方差分析表

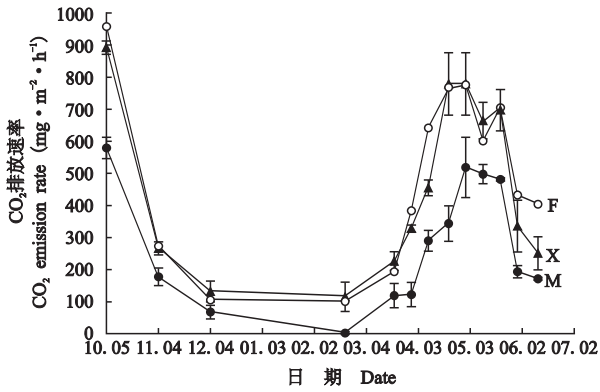


图 1 不同耕作措施对冬小麦生长季农田 CO_2 排放速率的影响

Fig.1 Effect of different tillage measures on CO_2 emission rate of field soil in winter wheat season.

F: 翻耕 Moldboard plow tillage; X: 旋耕 Minimum tillage; M: 免耕 No-tillage. 下同 The same below.

明除 3 月 20 日和 4 月 30 日外,其它测定时期免耕地与其它两个处理间差异均达显著水平,且在 4 月 20 日和 6 月 10 日差异达极显著水平.翻耕地和旋耕地 CO_2 排放速率在整个测定期表现也不一致,在越冬期及 4 月 20 日—5 月 10 日表现为旋耕 > 翻耕,其余时期则相反.整个小麦生育期各处理 CO_2 排放速率平均值表现为翻耕 > 旋耕 > 免耕,分别为 $343.69, 337.54$ 和 $190.47 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,旋耕和免耕处理分别比翻耕处理降低了 1.79% 和 44.58% .

3.2 不同耕作措施下土壤温度动态变化及其与 CO_2 排放通量的相关性

由图 2 可以看出,在小麦生育期内,2.5 cm 土壤温度除在播种期和 12 月 4 日表现为旋耕最高外,其它各测定时期均表现为免耕最高,5 cm 土壤温度则在小麦起身期(3 月 20 日)以后才表现为免耕最高,起身期以前则表现为翻耕和旋耕土壤温度较高;10 cm 和 20 cm 土壤温度在 12 月 4 日以前基本上以旋耕最高,12 月 4 日—4 月 20 日以翻耕最高,4 月 20 日以后以免耕最高.由此可以看出,在小麦生育前期免耕具有降低土壤耕层温度的效应,而在小麦生育后期则具有增加土壤耕层温度的效应,且随着土层深度的增加降温效应时间延长,而增温效应时间缩短.

对 CO_2 排放速率与各层土壤温度的相关性分析表明,各处理 CO_2 排放速率均与各层土壤温度呈显著正相关,其中翻耕处理呈极显著正相关.翻耕 CO_2 排放速率与 10 cm 土壤温度相关性最高,相关系数为 0.722,旋耕和免耕 CO_2 排放速率则均与 20 cm 土壤温度相关性最高,相关系数分别为 0.625 和

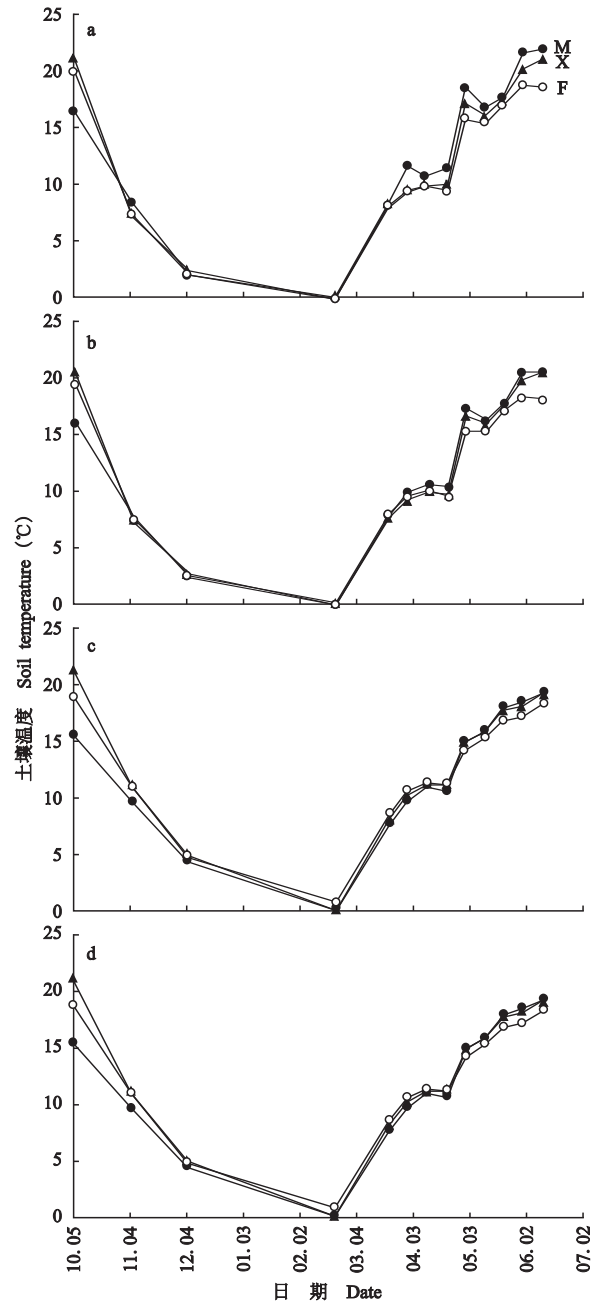


图 2 不同耕作措施对不同深度土壤温度的影响

Fig.2 Effect of different tillage measures on soil temperature of different depths.

a) 2.5 cm; b) 5 cm; c) 10 cm; d) 20 cm.

0.645,旋耕和免耕 CO_2 排放通量与 10 cm 土壤温度相关性也很高,分别为 0.624 和 0.643,同其与 20 cm 土壤温度的相关系数相近(表 2).

3.3 不同耕作措施下小麦生育期农田 CO_2 排放通量模拟方程

对不同耕作措施下小麦生育期农田 CO_2 排放通量与 10 cm 土壤温度进行回归模拟(表 3),结果表明, CO_2 排放通量与土壤温度均呈指数函数,且各相关性均达极显著水平.将每天 10:00 采集的土壤

表2 不同耕作措施下 CO₂ 排放通量与土壤温度的相关系数

Tab. 2 Correlation coefficients of CO₂ emission flux and soil temperature under different tillage measures (n = 13)

处理 Treatment	2.5 cm	5 cm	10 cm	20 cm
F	0.712 **	0.713 **	0.722 **	0.711 **
X	0.595 *	0.596 *	0.624 *	0.625 *
M	0.608 *	0.635 *	0.643 *	0.645 *

* P < 0.05; ** P < 0.01.

表3 不同耕作措施下 CO₂ 排放通量(y)与 10 cm 土壤温度(x)的模拟方程

Tab. 3 Simulation equations of CO₂ emission flux using soil temperature of 10 cm depth under different tillage measures (n = 13)

处理 Treatment	模拟方程 Modeling equation	相关系数 Correlation coefficient (R ²)	CO ₂ 排放速率 CO ₂ emission rate (mg · m ⁻² · h ⁻¹)	CO ₂ 排放量 CO ₂ release of methane (kg · m ⁻²)
F	$y = 116.970e^{0.1031x}$	0.662 **	319.41	1.88
X	$y = 155.496e^{0.0728x}$	0.493 **	321.66	1.89
M	$y = 29.049e^{0.1554x}$	0.553 **	174.52	1.03

** P < 0.01. x 表示 10 cm 土壤温度, y 表示 CO₂ 排放通量, x 和 y meant soil temperature of 10 cm depth and CO₂ emission flux, respectively.

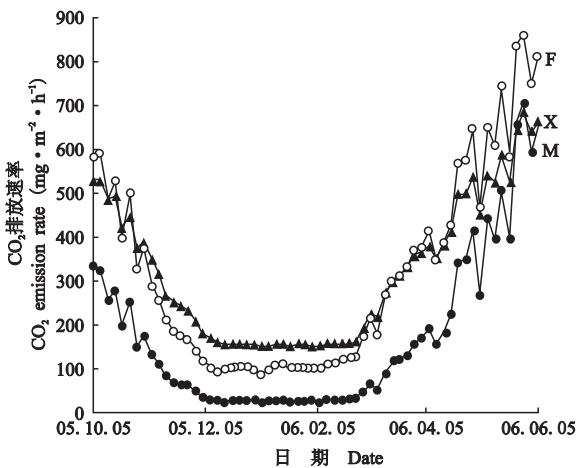


图3 不同耕作措施下小麦生长季农田 CO₂ 排放速率估测
Fig. 3 Estimation of CO₂ emission rate under different tillage measures in winter wheat season.

温度数值代入模拟方程中,即得到各处理小麦生育期农田 CO₂ 排放通量的动态模拟图(图3)。从中可以看出,免耕处理 CO₂ 排放通量在小麦播种后的 235 d 内均低于翻耕和旋耕处理,此后差异不明显;旋耕处理在小麦播种后的 40 ~ 150 d 略高于翻耕处理,其它时期则相反。对整个小麦生育期 CO₂ 排放通量进行平均和累积得到翻耕、旋耕和免耕下的农田 CO₂ 平均排放速率分别为 319.41、321.66 和 174.52 mg · m⁻² · h⁻¹,农田 CO₂ 排放总量分别为 1.88、1.89 和 1.03 kg · m⁻²。

4 讨 论

4.1 不同耕作措施对小麦生育期 CO₂ 排放通量的影响

研究表明,3种耕作方式下,小麦生育期农田 CO₂ 排放通量的季节变化与前人研究结果相同^[2-3]。其中,排放高峰期均出现在 10 月 5 日和 4 月 30 日,10 月 5 日的排放高峰是由于耕作造成的,而 4 月 30 日的排放高峰与土壤温度和作物生长发育密切相关,此时土壤温度在 15 °C 左右,同时又处于小麦拔节期,根系生长和微生物活动都非常旺盛。翻耕、旋耕和免耕的 CO₂ 排放速率最小值分别为 102.34、121.31 和 4.30 mg · m⁻² · h⁻¹,翻耕和旋耕下 CO₂ 排放通量与前人研究结果基本一致,免耕下 CO₂ 排放通量还未见报道。本研究认为免耕下 CO₂ 排放通量最小值与其它两个处理相差 20 多倍,这主要与此时免耕处理 10 cm 土壤温度较低有关。

耕作措施对土壤的影响是多方面的,包括影响土壤理化性状及土壤微生物活性等。其通过改善农田土壤 CO₂ 释放的影响因子进而改善 CO₂ 排放通量。国内外学者认为,少免耕减少 CO₂ 排放通量主要是因为少免耕减少了翻耕,使土壤有机质与土壤中的氧混合减少;同时,由于秸秆覆盖使土壤温度和有机质腐化降低,进而使土壤有机碳含量增加,温室气体排放减少^[7,10,12,15-16]。本研究也表明,免耕地 CO₂ 排放通量小于翻耕地和旋耕地。

4.2 不同耕作措施下土壤温度与 CO₂ 排放通量的相关性

研究表明,在一定范围内升高环境温度可加速土壤有机质的分解和微生物活性,从而增加土壤中 CO₂ 浓度,温度对 CO₂ 释放量的影响是通过多种途径起作用的^[18]。国外学者通过长期观测得出了温度和 CO₂ 释放量的定量关系并提出一系列方程,同时指出用地表下 5 cm 或 10 cm 处的温度比用地表温度效果要好^[2]。本研究表明,从小麦播种到 4 月 20 日,10 cm 土壤温度均以免耕最低,这与免耕下 CO₂ 排放通量最低一致,其中翻耕、旋耕和免耕下 CO₂ 排放通量与 10 cm 土壤温度的相关系数都达极显著水平,分别为 0.898、0.851 和 0.870,但从 4 月 30 日以后,免耕 10 cm 土壤温度最高,这与免耕下 CO₂ 排放通量最低相反,而这段时期 3 种不同耕作措施 CO₂ 排放通量与 10 cm 土壤温度的相关系数分别为 -0.764、-0.861、-0.919。说明 4 月 20 日以

前免耕地 CO₂ 排放通量最低是由于土壤温度低造成的,而4月30日以后免耕地 CO₂ 排放通量最低可能与翻耕和旋耕地作物生物量大,根系呼吸大等有关。本研究将 10 cm 土层温度分段,以 16 °C 为分割点划分为 <16 °C 和 >16 °C 2 段,然后与 CO₂ 排放通量进行相关性分析,结果表明,当温度 >16 °C 时,CO₂ 排放通量与土壤温度呈显著正相关;而当温度 <16 °C 时呈负相关。对小麦整个生育期 CO₂ 排放通量与不同层次土壤温度的相关分析表明,CO₂ 排放通量与土壤各层温度呈显著或极显著正相关,其中翻耕与 10 cm 土壤温度相关性最高,旋耕和免耕则均与 20 cm 土壤温度相关性最高,与 10 cm 土壤温度相关性也较高。因此,翻耕下可以用 10 cm 土壤温度模拟 CO₂ 排放通量,而旋耕和免耕下则可用 10 cm 和 20 cm 土壤温度模拟 CO₂ 排放通量。

4.3 不同耕作措施下 CO₂ 排放通量模拟方程

研究表明,CO₂ 排放通量与地温呈二次或指数函数^[18]。而本研究对不同耕作措施下小麦田 CO₂ 排放通量与 10 cm 土壤温度的曲线模拟表明,CO₂ 排放通量与地温呈指数函数。这可能是由于前人是对全年的温度和 CO₂ 排放通量进行回归模拟,而本试验仅就小麦生育期农田土壤温度和 CO₂ 排放通量进行回归模拟。从模拟结果可以看出,5月下旬免耕 CO₂ 排放通量高于旋耕。这与实测结果不太一致,究其原因,认为此时温度已经不是影响 CO₂ 排放通量的关键因素,而作物生物量、根系呼吸以及微生物活动等已成为影响 CO₂ 排放通量的决定性因素。研究表明,在 <15 °C 时,CO₂ 排放通量以土壤微生物代谢呼吸为主,地温为土壤微生物代谢活动的主要限制因素,对 CO₂ 排放通量影响显著;而随着温度升高,小麦根系生长处于高峰期,根系呼吸所占比重逐渐增大,温度不再是 CO₂ 排放通量的关键影响因素,多种因素共同影响 CO₂ 排放通量^[3]。因此,后续研究应重视土壤水分、土壤微生物量、作物生物量以及根系呼吸等多因素协同效应对 CO₂ 排放通量的影响。

参考文献

- [1] Cai Z-C (蔡祖聪). 1999. Effect of water regime on CO₂, CH₄ and N₂O emissions and overall potential for greenhouse effect caused by emitted gases. *Acta Pedologica Sinica* (土壤学报), **36**(4): 484-488 (in Chinese)
- [2] Chen S-Y (陈素英), Hu C-S (胡春生). 1997. Soil respiration rate of farmland ecosystem in Taihang Piedmont. *Eco-Agriculture Research* (生态农业研究), **5**(2): 42-46 (in Chinese)
- [3] Chen S-Y (陈述悦), Li J (李俊), Lu P-L (陆佩玲), et al. 2004. Soil respiration characteristics in winter wheat field in North China Plain. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **15**(9): 1552-1560 (in Chinese)
- [4] Cui Y-T (崔玉亭), Han C-R (韩纯儒), Lu J-D (卢进登). 1997. Dynamics of organic material decomposition and soil respiration in intensive and high yield agroecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **8**(1): 59-64 (in Chinese)
- [5] Dai W-H (戴万宏), Wang Y-Q (王益权), Huang Y (黄耀), et al. 2004. Study on soil CO₂ emission in agri-ecosystems. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry* (Natural Science) (西北农林科技大学学报·自然科学版), **32**(12): 1-7 (in Chinese)
- [6] Dong Y-H (董玉红), Ouyang Z (欧阳竹), Li Y-S (李运生), et al. 2005. Influence of fertilization and environmental factors on CO₂ and N₂O fluxes from agricultural soil. *Journal of Agro-Environment Science* (农业环境科学学报), **24**(5): 913-918 (in Chinese)
- [7] Ellert BH, Janzen HH. 1999. Short-term influence of tillage on CO₂ fluxes from a semi-arid soil on the Canadian Prairies. *Soil and Tillage Research*, **50**: 21-32
- [8] Lal R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, **304**: 1623-1627
- [9] Lal R, Kimble JM, Follett RF, et al. 1998. The Potential of US Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- [10] Li Y-N (李玉宁), Wang G-Y (王关玉), Li W (李伟). 2002. Soil respiration and carbon cycle. *Earth Science Frontiers* (地学前缘), **9**(2): 351-356 (in Chinese)
- [11] Lou Y-S (娄运生), Li Z-P (李忠佩), Zhang T-L (张桃林). 2004. CO₂ emissions from upland and paddy red soils in mid-subtropical China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **24**(5): 978-983 (in Chinese)
- [12] Meng F-Q (孟凡乔), Guan G-H (关桂红), Zhang Q-Z (张庆忠), et al. 2006. Seasonal variation in soil respiration under different long-term cultivation practices on high yield farmland in the North China Plain. *Acta Scientiae Circumstantiae* (环境科学学报), **26**(6): 992-999 (in Chinese)
- [13] Paustian K, Andren O, Janzen H, et al. 1997. Agricultural soil as a C sink to offset CO₂ emissions. *Soil Use and Management*, **13**: 230-244
- [14] Post WM, Peng TH, Emanuel WR, et al. 1990. The global carbon cycle. *American Scientist*, **78**: 310-326
- [15] Priora SA, Reicosky DC, Reevesa DW, et al. 2000. Residue and tillage effects on planting implement-induced short-term CO₂ and water loss from a loamy sand soil in Alabama. *Soil and Tillage Research*, **54**: 197-199
- [16] Reicosky DC, Dugas WA, Torbert HA. 1997. Tillage-

- induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems. *Soil and Tillage Research*, **41**:105-118
- [17] Wei C-F (魏朝富), Gao M (高明), Huang Q (黄勤), *et al.* 2005. Effect of tillage-cropping systems on methane emissions from year-round flooded paddy field in Southwest China. *Acta Pedologica Sinica* (土壤学报), **37**(2):157-165 (in Chinese)
- [18] Xie J-F (谢军飞), Li Y-E (李玉娥). 2002. A review of studies on mechanism of greenhouse gas emission and its affecting factors in arable soils. *Chinese Journal of Agrometeorology* (中国农业气象), **23**(4):47-52 (in Chinese)
- [19] Yang J-C (杨景成), Han X-G (韩兴国), Huang J-H (黄建辉), *et al.* 2003. The dynamics of soil organic matter in cropland responding to agricultural practices. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **23**(4):787-796 (in Chinese)
- [20] Yang X-M (杨学明), Zhang X-P (张晓平), Fang H-J (方华军), *et al.* 2004. Conservation tillage system in North America and their significance for China. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **15**(2):335-340 (in Chinese)

作者简介 李琳,女,1979年生,博士研究生.主要从事宏观农业及保护性耕作研究. E-mail:lilin991213@sina.com

责任编辑 张凤丽

欢迎订阅 2008 年《生态学杂志》

《生态学杂志》(1982年创刊)是由中国生态学学会主办、中国科学院沈阳应用生态研究所承办、科学出版社出版的学术期刊,是全国中文核心期刊,2002年入选中国期刊方阵。读者对象为从事生态学、生物学、地理学、农林牧渔、海洋、气象、环保、经济、卫生和城建部门的科研、教学、科技工作者、有关决策部门的科技管理人员和大专院校师生。

本刊主要刊登具有创新性的生态学研究论文以及有关专题的综述和评论,研究方法和新技术的应用,学术讨论与争鸣,国外生态学研究(包括译文,但必须取得原著作权人的授权);国内外学术消息和动态;生态学新书刊介绍等。

《生态学杂志》为A4开本,月刊,144页,每册定价50元,全年600元。国内外公开发行。国内邮发代号8-161,全国各地邮局均可订阅。如未能在当地邮局订到,可与编辑部直接联系订阅。

地址:沈阳市文化路72号中国科学院沈阳应用生态研究所转《生态学杂志》编辑部

邮编:110016

电话:024-83970394

传真:024-83970394

E-mail:cje@iae.ac.cn

网址: <http://www.cje.net.cn>