

旱区灌溉棉田土壤呼吸昼夜变化特征 及其与土壤温度的关系

赖冬梅^{1,2,3}, 李志国⁴, 田长彦^{1,2*}, 黄伟^{1,2,3}, 王怀军^{1,2,3}, 宋伟^{1,2,3}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011;
3. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 4. 中国科学院武汉植物园, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 本试验以裸地为对照, 通过对土壤剖面 CO_2 浓度的监测, 研究了旱区灌溉棉田土壤呼吸的昼夜变化规律及其与土壤温度的关系。主要结果如下: (1) 土壤及根际呼吸均呈“V”型昼夜变化特征, 最小值出现在 16:00~17:00 之间, 而土壤微生物呼吸昼夜变化趋势与之相反; (2) 土壤微生物呼吸产生的 CO_2 通量在土壤升温阶段略高于降温阶段, 相对的, 根际呼吸在土壤升温阶段产生的 CO_2 通量低于降温阶段, 并形成一个明显的逆时针圆图; (3) 棉花根际呼吸对土壤呼吸的平均贡献率为 47%。以上结果说明, 在建立土壤呼吸与土壤温度相关关系模型的过程中, 需要区分根际呼吸和土壤微生物呼吸, 充分考虑土壤温度变化对土壤呼吸各组分影响的差异性。

关键词: 土壤呼吸; 根际呼吸; 土壤微生物呼吸; 土壤温度; 灌溉棉田; 干旱区

中图分类号: S152.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0119-06

土壤呼吸指土壤释放 CO_2 的过程, 根据其不同的底物来源可分为自养型呼吸(根呼吸和根际微生物呼吸)和异养型呼吸(土壤微生物呼吸和土壤动物呼吸)两种, 前者消耗的底物直接来源于植物光合作用产物向地下分配的部分, 而后者则利用土壤中的有机或无机碳^[1-3]。农田土壤呼吸不仅是陆地土壤碳库的主要输出途径, 也是大气 CO_2 浓度升高的重要生态学过程^[4], 其强弱变化受诸如底物供应、土壤水分、土壤温度、土壤 C/N 等一系列生物和非生物因子的影响^[5-9]。相对而言, 温度变化对土壤呼吸的影响更加强烈。因此, 在全球气候持续变暖的大背景下, 对土壤温度变化引发的农田土壤碳排放响应进行更为深入的研究就具有特殊重要的意义。

然而, 温度变化对土壤呼吸的影响非常复杂, 目前尚未形成统一的认识, 但大部分研究者认同土壤微生物呼吸昼夜变化与土壤温度的关系为线性或指数关系的结论^[10]。与之相比, 根际呼吸的昼夜变化情况更加复杂, 比如其达到峰值的时间就存在巨大争议, 一部分研究结果认为在中午^[11], 另一些则认为在夜晚^[12]; 甚至一些认为根际呼吸不存在明显昼夜变化规律, 与土壤温度也没有显著的相关性^[2, 10]。因此, 关于土壤温度对土壤呼吸各组分昼夜变化的影响还需要进一步的试验来验证。

本试验采用原位监测的方法, 对新疆北部棉田

土壤呼吸的昼夜变化规律及其与温度的相关性进行了研究, 以期深化对土壤呼吸机制的理解及为陆地生态系统碳收支的估算提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在中国科学院新疆阜康荒漠生态站进行。该站地处天山北麓、古尔班通古特沙漠南缘, 年平均气温 6.2°C , $\geq 10^\circ\text{C}$ 的年积温 $3\ 606.5^\circ\text{C}$, 无霜期 174 d, 年降水量 160 mm, 蒸发量 2 000 mm。土壤为灰漠土, 其基本理化性状如下: 容重 1.56 g/cm^3 , pH 8.42, 电导率 2.08 mS/cm (水土比 1:1), 有机碳含量 5.64 mg/g 。

1.2 试验设计与测定方法

1.2.1 试验设计 试验设裸地与棉田两个处理, 重复 3 次。小区面积 $5\text{ m} \times 8\text{ m} = 40\text{ m}^2$, 共 6 个小区。两个处理栽培管理条件一致, 如有杂草及时拔除。

棉花于 2009 年 4 月 20 日播种, 品种为新陆早 6 号, 栽培及管理措施与当地农作制度一致; 株距 10 cm, 密度约 20 万株/ hm^2 ; 全生育期氮、磷肥施用量分别为 $\text{N}\ 240\text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5\ 172\text{ kg/hm}^2$; 灌溉方式为沟灌, 总灌水量 $5\ 100\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 分 4 次进行。

1.2.2 土壤剖面 CO_2 浓度测定 土壤剖面 CO_2 浓度采用 CO_2 传感器(维萨拉, GMT222)测定。具体做

收稿日期: 2011-12-26

基金项目: 国家自然科学基金(40971148); 国家科技支撑计划项目(2008BAD5B)共同资助

作者简介: 赖冬梅(1985—), 女, 重庆人, 硕士研究生, 主要研究方向为农田碳氮循环。E-mail: ldm918@126.com。

* 通讯作者: 田长彦, E-mail: Tianchy@ms.xjb.ac.cn。

法为:将探头装入 PVC 管,上端用橡胶密封,下端用防水透气材料 Gore-Tex 包裹,然后垂直埋入土壤中,下端所在位置即为待测土壤深度。

探头于 9 月 15 日埋设,埋设深度为距地表 5,10 和 15 cm 处,所有探头均距植物茎秆 5 cm,探头水平间距 10 cm。待系统稳定后(半个月),用数据自动采集器(CR1000, Campbell)采集数据,间隔 1 min 扫描一次,每 15 min 的平均值记录一次。

土壤 5 cm 温度和土壤水分分别采用土壤温度传感器(109)和湿度传感器(CS616-L)测定,距 CO₂ 探头水平间 20 cm,数据采集除扫描间隔时间为 5 min 外,其他同上。

1.2.3 监测期土壤理化性质的测定 2009 年 9~10 月每隔 10 天用环刀(100 cm³)采集不同剖面原状土(具体分 0~5, 5~10, 10~15 cm 3 个土层),测定容重,并分别采用电位法、电导仪及重铬酸钾氧化-外加热法测定土壤 pH 值、电导与有机碳含量。

1.2.4 土壤 CO₂ 通量的计算 土壤表面 CO₂ 通量用 Fick 扩散定律计算得到:

$$F(z) = -D_z \frac{\partial C_z}{\partial z} \quad (1)$$

式中, F 为 CO₂ 通量[$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]; D_z 为气体在土壤中的扩散系数(m^2/s); C_z 为给定土壤深度的 CO₂ 浓度($\mu\text{mol}/\text{mol}$); Z 为土壤深度(cm)。

土壤扩散系数主要是土壤 CO₂ 气体在自由大气中的扩散系数,本研究主要采用 Moldrup^[13] 和 Turcu^[5] 等提出的模型计算:

$$D_z = D_a \frac{\phi - \theta}{\phi} \quad (2)$$

式中, θ 为土壤体积含水量(cm^3/cm^3),由湿度传感器(CS616-L)测定, ϕ 为土壤孔隙度。

$$\phi = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_m} \quad (3)$$

式中, ρ_b 为容重(g/cm^3); ρ_m 为土粒密度 2.86(g/cm^3)

$$D_a = D_{a0} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1.75} \left(\frac{P_0}{P} \right) \quad (4)$$

式中, D_{a0} 为土壤 CO₂ 气体在温度 25℃ 和压强 1 025.13 kPa 下的自由大气中的扩散系数, $D_{a0} \approx 1.47 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ^[14]。 D_z 为整个给定土壤的土壤扩散系数。 T 是土壤温度传感器(109)测定的土壤温度。 P 为大气压强。

1.2.5 根际呼吸(R_r)的计算 根际呼吸采用根去除法测定^[15]。根去除法是一种间接测定根际呼吸的方法,其原理是通过测定有根和无根情况下的土壤呼吸通量的差值计算根际呼吸。本试验中,通过测

定棉田和裸地的土壤呼吸速率计算根际呼吸,即 $R_r = R_s - R_h$ (其中 R_s 为有根土壤总呼吸, R_h 为无根土壤裸地呼吸即土壤微生物呼吸)。

1.3 环境因子监测

气压、风速、降雨量等气象资料来自阜康野外气象监测站。

2 结果与分析

2.1 距地表 5 cm 土壤温度、水分及 CO₂ 浓度昼夜变化

棉田及裸地距地表 5 cm 深处土壤体积含水量昼夜变化趋势较为稳定,但各旬之间比较,随着时间的推移,土壤体积含水量表现逐旬降低的趋势。两处理间,除下旬棉田土壤日平均含水量略低于裸地外(可能是由于棉花生理耗水所致),其余时间均无显著差异。而土壤温度呈“S”型起伏状态,最小值出现在 9:00~10:00,峰值在 17:00~18:00。

与土壤温度及含水量变化规律不同,距地表 5 cm 处土壤 CO₂ 浓度呈现“V”型变化趋势。最大值均出现在 0:00,最小值出现在 14:00~15:00,但棉田变化幅度较裸地大。而且其土壤昼夜平均 CO₂ 浓度比裸地高 72.2%,二者差异明显。

2.2 土壤呼吸昼夜变化

土壤呼吸及根际呼吸与土壤 CO₂ 浓度昼夜变化趋势基本一致,也呈现“V”型变化(图 2),但最小值出现时间不同(在 16:00~17:00 之间)。而土壤微生物呼吸昼夜起伏较小,相对而言,在 9:00~10:00 及 17:00~18:00 分别呈现出不太明显的谷底及谷峰,而且出现时间均滞后于土壤温度的变化。

而根际呼吸对土壤呼吸贡献大小方面,一天中,贡献最大的时间段在早上 9:00 左右,而最小值出现在下午 16:00 时。而且各旬之间比较,随时间的推移呈逐渐增大的趋势,上、中、下旬平均贡献率分别为 0.42、0.48 和 0.52。出现这一趋势的原因可能是随土壤温度和有机质含量的降低,土壤微生物呼吸减弱的速率大于根际呼吸的减弱速率。

2.3 土壤呼吸与土壤温度的关系

由图 3 可知,10 月上、中、下旬棉田根际呼吸随土壤温度的升高呈递减趋势,整体来看,一天中,土壤温度升高阶段(上午 9:00~下午 16:00)的根际呼吸低于土壤温度降低阶段(下午 16:00~次日 8:00),并由此使根际呼吸与土壤温度之间形成一个逆时针的圆圈。此外,10 月份各旬之间比较,随时间推移,根际呼吸量总体呈下降趋势。

而土壤微生物呼吸的昼夜变化规律与根际呼吸

相反:随土壤温度升高而增加。并且土壤微生物呼吸与根际呼吸相似,土壤微生物呼吸也随时间的推移呈总体下降趋势。与

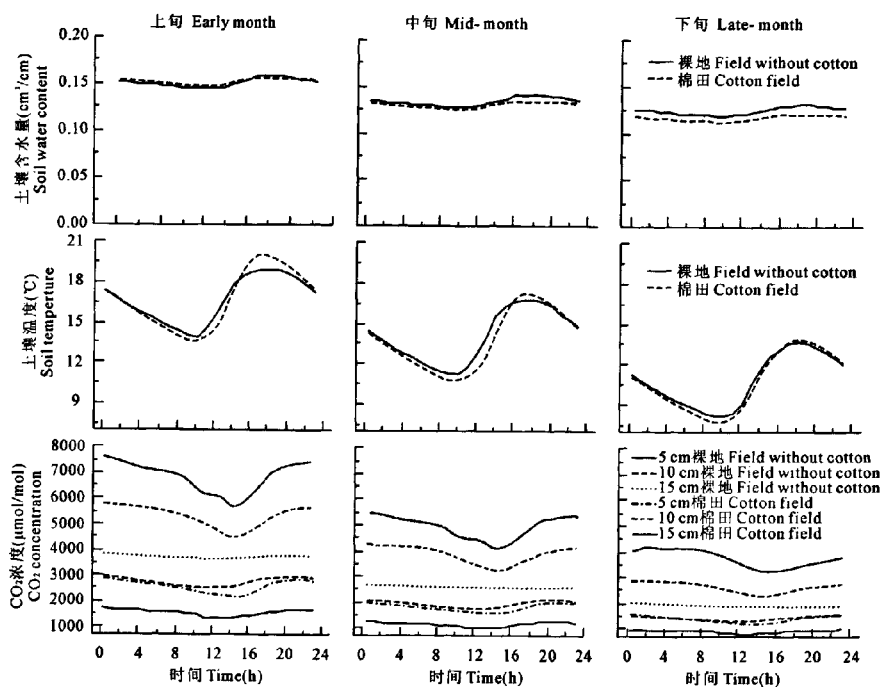


图1 10月棉田距地表5 cm土壤温度、水分及CO₂浓度的昼夜变化(上、中、下旬取每旬7天的平均值)

Fig.1 Diurnal patterns of temperature, water content and air CO₂ concentration in 5 cm soil depth during late growing period of cotton

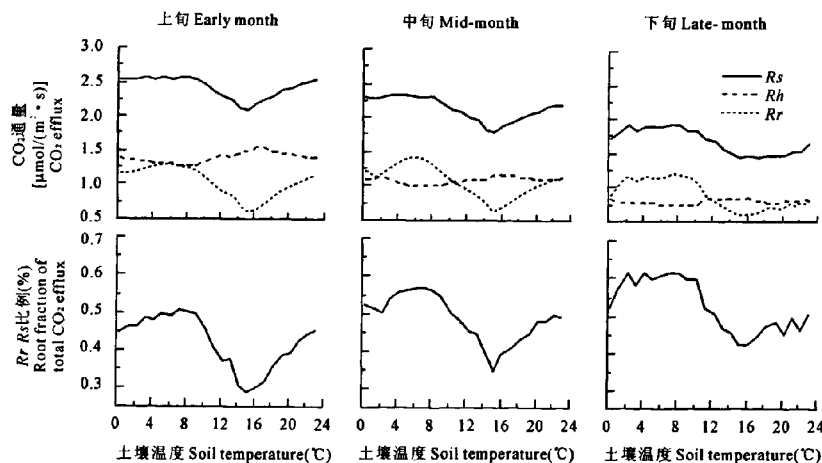


图2 棉田生长末期土壤表面CO₂通量和根际呼吸占土壤呼吸(R_r/R_s)比例的昼夜变化

(R_s:土壤呼吸;R_h:土壤微生物呼吸;R_r:根际呼吸。下同)

Fig.2 Diurnal variation of soil CO₂ efflux and rhizosphere respiration of the total CO₂ efflux during late growing period cotton

3 讨论

3.1 土壤微生物呼吸和根际呼吸昼夜变化特征

结果显示,根际呼吸和土壤微生物呼吸具有明

显的昼夜变化,但趋势相反:前者白天下降,夜晚增加,而后者白天增加,夜晚降低,这与Li等的研究结果基本一致^[12]。

土壤呼吸是一个复杂的地球生物化学过程,对

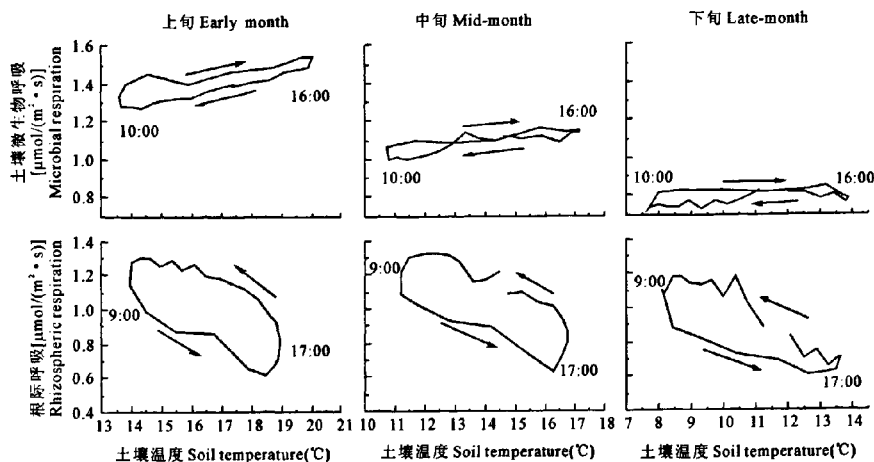


图 3 土壤微生物呼吸和根际呼吸昼夜变化与土壤 5 cm 温度昼夜变化的关系

Fig.3 Relationship between diurnal variations of at depth of 5 cm soil temperature and microbial respiration and rhizospheric respiration

土壤微生物呼吸而言,土壤温度、水分和土壤活性有机质底物是调控土壤微生物活性和数量的主要环境调控因子^[16]。其中土壤水分(图 1)和碳基质昼夜变化很小^[17],对土壤微生物活性和数量的影响不大,而土壤温度在距地表 5 cm 深的位置昼夜起伏较大(7.7℃~20.0℃),因此我们推测土壤温度是影响浅层土壤微生物呼吸昼夜变化的最主要因素。

相对而言,根际呼吸的昼夜变化更为复杂。从早上 9:00 开始根际呼吸随即下降,并且在 17:00 左右达到最小值。同时注意到,在这段时间内,土壤温度是不断增加的,因此,温度不是引起根际呼吸昼夜变化的主要原因。根据前人研究资料,推测根际呼吸的昼夜调控因子可能与植物根系碳水化合物的运输有关,根际呼吸的昼夜变化是由根系活性、光合速率^[18,19]尤其是根系所得到光合产物数量的变化所决定,即白天根系碳水化合物出现谷值,而夜晚达到最大值^[20-22]。

目前对于土壤微生物和根系的昼夜节律对土壤微生物呼吸和根际呼吸的影响机制,以及土壤微生物呼吸和根际呼吸的昼夜变化的原因尚不十分清楚。因此,在这些方面还需要更加深入的对引起土壤呼吸及各组分昼夜变化的原因进行研究。

3.2 土壤温度与土壤呼吸的关系

研究结果表明,土壤微生物呼吸在土壤温度升高阶段略大于土壤温度降低阶段,其昼夜变化关系形成近似的顺时针圆圈,而且与土壤温度的相关性很好,其原因可能是土壤温度升高可以为土壤微生物提供更多的碳底物,土壤微生物活性或者数量在土壤温度升高过程要高于降温过程。而根际呼吸与

土壤温度的相关性较差,根际呼吸速率在土壤温度升高阶段小于土壤温度降低阶段,并形成逆时针的圆圈。这种结果在其他学者的研究中也出现过,例如, Gaumont-Guay 等对阔叶林的研究, Tang 等对地中海森林系统的研究, Vargas 和 Allen 对针叶林和橡树混交林中的研究,均出现过类似的现象^[22-25]。并且对其原因进行了解释。

在植物-土壤系统中,植物生长及其光合产物的运输是根际呼吸的关键控制因素,根际呼吸消耗的有机碳主要来自新近合成的光合产物,白天温度高,有利于光合作用,夜间不进行光合作用,只进行呼吸作用。Wan 等在草地上进行刈割和遮阴处理来控制根呼吸的底物供应,结果表明土壤呼吸在一周内降低了近 70%,作物光合作用的强度和光合产物的向地下运输量将影响土壤呼吸速率和呼吸总量^[26],这说明土壤呼吸与地上光合产物的供应存在着直接和动态的联系。Tang 和 Vargas 分析认为,土壤呼吸与土壤温度形成的滞后圈现象可能与植物的光合作用有关^[21,24],我们也持相同观点。Kouchi 等用¹³CO₂ 标记大豆,并测定根呼吸所释放的 CO₂ 气体中的¹³C,发现根呼吸主要依赖于新合成的碳水化合物^[27]。Ekblad 和 Hogberg 计算得出新近光合作用产物至少占总土壤呼吸的 65%。土壤环境调控着对糖类的需求,而光合作用决定了地上部分糖类的供应,需求与供应之间的相互作用,共同控制着地下部分的碳通量,也因而控制着根际呼吸和土壤呼吸^[28]。光合作用日变化先于土壤呼吸日变化,植物因光合作用形成的碳水化合物并不能很快转运至根部,传输时间大约为 7~12 h^[22,25]。结合前人及本

试验的研究结果,可以推测根际呼吸过程主要受碳底物的调控,并可以依据此对棉花根际呼吸所表现出的昼夜变化原因进行合理的推测:棉花植株在夜间进行的呼吸作用更强,可以将白天运输到根系的碳水化合物基本上耗尽,在9:00~16:00阶段,随根系碳底物含量的降低而降低,在大约16:00时,上午9:00左右地上部合成的碳水化合物被陆续运输到根部,之后随根系光合产物浓度的增加,土壤温度的增加,根系活性增加,根际呼吸开始显著上升,直到约0:00时,根系底物达到一定的浓度后,根际呼吸在相当长的一段时间内维持在相似高度水平(0:00~8:00)。当然,这一推测还需要进一步的研究来证实。

3.3 根际呼吸对土壤呼吸的贡献

研究根际呼吸对整个土壤呼吸的贡献大小对于定量评价土壤碳平衡和精确估算气候变化对陆地生态系统碳排放的影响至关重要。从目前所能得到的资料看,根际呼吸对土壤呼吸的贡献大小依作物不同而表现出较大的差异,而且在生育期内有明显的起伏。例如,Domanski等对禾谷类作物的研究表明,根际呼吸占土壤呼吸的比例为51%~89%^[29]。而向日葵的变化范围为60%~70%^[30],玉米在20%~70%之间^[31]。以上结果略高于本试验棉田根际呼吸对土壤呼吸的平均贡献值47%。对于不同作物根际呼吸贡献比例大小存在差异的原因,我们认为主要是不同的作物其光合产物向地下及地上部分的分配比例不同所致。另外也可能与研究者为根际呼吸的理解和划分有关。

4 结 论

本试验,通过结合土壤剖面CO₂浓度测定和根际呼吸的计算,为我们提供了一个可以短期或长期监测土壤微生物呼吸和根际呼吸动态变化过程的方法,使我们更加清楚地认识和理解根际呼吸对土壤呼吸的贡献。本试验结果表明,土壤微生物呼吸和根际呼吸具有明显的昼夜变化规律,且趋势相反。在白天,土壤微生物呼吸到达峰值,而根际呼吸则表现下降趋势。土壤微生物呼吸昼夜变化的主要驱动因子是土壤温度,但是,土壤温度在上升过程中根际呼吸速率低于温度下降过程,主要原因可能与土壤微生物活性在土壤升降温过程中的活性和数量有关。根际呼吸的昼夜变化与土壤温度和水分无关,其主要调控因子可能与根际新合成碳水化合物的含量有关。因此,建立土壤呼吸与土壤温度相关关系模型的过程中,需要区分根际呼吸和土壤微生物呼

吸,充分考虑土壤温度变化对土壤呼吸各组分影响的差异性。

参 考 文 献:

- [1] 杨玉盛,董彬,谢锦升,等.森林土壤呼吸及其对全球变化的响应[J].生态学报,2004,24(3):583-591.
- [2] Widen B, Majdi H. Soil CO₂ efflux and root respiration at three sites in a mixed pine and spruce forest: seasonal and diurnal variation[J]. Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere, 2001,31: 786-796.
- [3] Boone R, Nadelhoffer K, Canary J, et al. Roots exert a strong influence on the temperature sensitivity of soil respiration[J]. Nature, 1998,396:570-572.
- [4] Zobitz J M, Moore D J P, Sacks W J, et al. Integration of process-based soil respiration models with whole-ecosystem CO₂ measurements[J]. Ecosystems, 2008,11:250-269.
- [5] Turcu V E, Jones S B, Dani O. Continuous soil carbon dioxide and oxygen measurements and estimation of gradient-based gaseous flux[J]. Vadose Zone Journal, 2005,4:1161-1169.
- [6] Smith V R. Moisture, carbon and inorganic nutrient controls of soil respiration at a sub-Antarctic island[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2005,37:81-91.
- [7] Reth S, Reichstein M, Falge E. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO₂ efflux - A modified model[J]. Plant and Soil, 2005,268:21-33.
- [8] Martin J G, Bolstad P V, Ryu S R, et al. Modeling soil respiration based on carbon, nitrogen, and root mass across diverse Great Lake forests[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2009,149:1722-1729.
- [9] Drake J E, Stoy P C, Jackson R B, et al. Fine-root respiration in a loblolly pine (*Pinus taeda* L.) forest exposed to elevated CO₂ and N fertilization[J]. Plant Cell and Environment, 2008,31:1663-1672.
- [10] Davidson E A, Janssens I A, Luo Y Q. On the variability of respiration in terrestrial ecosystems: moving beyond Q(10)[J]. Global Change Biology, 2006,12:154-164.
- [11] Andersen C P, Lipp C C. Role of carbohydrate supply in white and brown root respiration of ponderosa pine[J]. New Phytologist, 2003,160:523-531.
- [12] Li X D, Fu H, Guo D, et al. Partitioning soil respiration and assessing the carbon balance in a *Setaria italica* (L.) Beauv. cropland on the Loess Plateau, Northern China[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2010,42:337-346.
- [13] Moldrup P, Olesen T, Gamst J, et al. Predicting the gas diffusion coefficient in repacked soil: Water-induced linear reduction model[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000,64:1588-1594.
- [14] Hillel D. Environmental soil Physics[M]. New York: Academic Press, 1998.
- [15] Lundegardh H. Carbon dioxide evolution of soil and crop growth[J]. Soil Science, 1927,23:417-453.
- [16] Han G, Zhou C S, Xu Z Z, et al. Biotic and abiotic factors controlling the spatial and temporal variation of soil respiration in an agricultural ecosystem[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2007,39:418-425.

- [17] Giardina C P, Ryan M G. Evidence that decomposition rates of organic carbon in mineral soil do not vary with temperature[J]. *Nature*, 2000,404:858-861.
- [18] Kuzyakov Y, Larionova A A. Root and rhizomicrobial respiration: a review of approaches to estimate respiration by autotrophic and heterotrophic organisms in soil[J]. *J Plant Nutr Soil Sci*, 2005,134:95-101.
- [19] Lipp C C, Andersen C P. Role of carbohydrate supply in white and brown root respiration of ponderosa pine[J]. *New Phytol*, 2003,160:523-531.
- [20] Hogberg P A, Nordgren, Agren G I. Carbon allocation between tree root growth and root respiration in boreal pine forest[J]. *Oecologia*, 2002,132:579-581.
- [21] Kuzyakov Y, Cheng W. Photosynthesis controls of rhizosphere respiration and organic matter decomposition[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001,33:1915-1925.
- [22] Tang J W, Baldocchi D D, Xu L. Tree photosynthesis modulates soil respiration on a diurnal time scale[J]. *Global Change Biology*, 2005,11:1298-1304.
- [23] Gaumont-Guay D, Black T A, Giffis T J, et al. Interpreting the dependence of soil respiration on soil temperature and water content in a boreal aspen stand[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2006,140:220-235.
- [24] Vargas R, Allen M F. Diel patterns of soil respiration in a tropical forest after Hurricane Wilma[J]. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*, 2008,113:1-10.
- [25] Vargas R, Allen M F. Environmental controls and the influence of vegetation type, fine roots and rhizomorphs on diel and seasonal variation in soil respiration[J]. *New Phytologist*, 2008,179:460-471.
- [26] Wan S Q, Luo Y Q. Substrate regulation of soil respiration in a tall-grass prairie: Results of a clipping and shading experiment[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2003,17(2):23-1-23-12.
- [27] Kouchi H, Yoneyama T. Dynamics of carbon photosynthetically assimilated in the nodulated soya bean plant under steady-state conditions[J]. *Plant Physiol*, 1994,53:175-182.
- [28] Ekblad A, Hogberg P. Nature abundance of ^{13}C in CO_2 respired from forest soils reveals speed of link between tree photosynthesis and root respiration[J]. *Oecologia*, 2001,127:305-308.
- [29] Domanski G, Kuzyakov Y, Siniakina S, et al. Carbon flows in the rhizosphere of ryegrass (*Lolium perenne*) [J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2001,164:381-387.
- [30] Hall A J, Connorand D J, Whitfield D M. Root respiration during grain filling in sunflower-the effects of water-stress[J]. *Plant and Soil*, 1990,121:57-66.
- [31] 蔡艳,丁维新,蔡祖聪.土壤-玉米系统中土壤呼吸强度及各组分贡献[J].*生态学报*,2006,26(12):4273-4280.

Characteristics of diurnal variation of soil respiration and its relationship with soil temperature of cotton fields in arid irrigated regions

LAI Dong-mei^{1,2,3}, LI Zhi-guo⁴, TIAN Chang-yan^{1,2}, HUANG Wei^{1,2,3},
WANG Huai-jun^{1,2,3}, SONG Wei^{1,2,3}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China;

2. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Urumqi 830011, China;

3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

4. Wuhan Botanical Garden; Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: With bare land as CK, a field experiment was conducted to investigate the characteristics of diurnal variation of soil respiration and its relationship with soil temperature of cotton fields in arid irrigated regions by monitoring CO_2 content of soil profile. The results indicated that (1) Soil and rhizosphere respiration showed a "V"-type feature of diurnal variation, the minimum value occurred between 16:00 ~ 17:00, while the trend of soil microbial respiration was opposite; (2) Soil microbial respiration at the period of soil temperature increasing was higher than that at the period of soil temperatures decreasing. However, rhizosphere respiration displayed an opposite result which formed an obvious counterclockwise hysteresis loop; (3) The contribution percentage of rhizosphere respiration to soil respiration was 47%. The results suggested that differentiating between rhizosphere respiration and soil microbial respiration was a very important step to establish the model of soil respiration and soil temperature correlation, and the differences of the impacts of soil temperature on soil respiration should be considered.

Keywords: soil respiration; rhizosphere respiration; soil microbial respiration; soil temperature; irrigated cotton field; arid area