

干旱区绿洲棉田土壤呼吸日变化特征分析

曹 兴¹, 陈荣毅², 蔡新婷¹, 王斯萌¹, 蒋 恒¹

(1. 乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 利用 Li-8100 土壤碳通量测量系统对绿洲棉田土壤呼吸进行日变化动态测定, 结果表明: 土壤呼吸有明显的单峰型日变化特征, 棉田(滴灌地、漫灌地)、弃耕地的土壤呼吸速率日均值分别为 3.45、3.37、1.63 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 峰值出现在 15:00~20:00, 谷值出现在 4:00~6:00, 6:00 后, 土壤呼吸速率上升趋势明显。在不同天气背景下, 土壤呼吸日变化格局基本一致, 晴天日均值高于阴天, 白昼高于夜间; 白昼土壤呼吸速率变化剧烈, 夜间为波动缓慢的下降过程; 棉田土壤呼吸速率昼/夜均值高于弃耕地。

关键词: 干旱区; 绿洲棉田; 土壤呼吸; 日变化

中图分类号: S158.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0156-07

土壤是陆地生态系统中最主要的碳库^[1], 碳储量约占生物圈陆地总碳储量的 2/3, 土壤呼吸是土壤碳库输出及全球碳循环的主要途径^[2]。土壤呼吸是指土壤释放 CO_2 的过程, 是陆地生态系统碳循环的重要组成部分, 通过土壤呼吸作用向大气释放的 CO_2 约占全球 CO_2 交换量的 25%, 土壤排放出的 CO_2 量的微小变化也会导致大气中 CO_2 浓度的明显改变^[3-6]。因此研究土壤呼吸对探讨全球气候变化具有十分重要的意义, 成为全球碳循环的研究热点。国内外对土壤呼吸进行了广泛的研究, 取得了一定的研究成果^[7,8], 但主要集中在草原和林地生态系统方面, 对农田的研究相对较少。对干旱区绿洲农田的土壤呼吸日动态变化的研究相对匮乏, 从而制约了土壤呼吸 CO_2 释放量的准确估计。近年来, 新疆的棉花产业发展较快, 土地利用的变化导致土壤碳库的改变, 但目前对干旱区绿洲棉田的碳源-汇的功能认识尚不清楚。对干旱区典型绿洲棉田的土壤呼吸动态过程进行研究, 可以为全球气候变化背景下的干旱区土壤碳循环研究提供参考。

1 研究区域与方法

1.1 试验地概况

试验地设在石河子市西郊乌兰乌苏农业气象试验站(44°17'N, 85°49'W), 位于准噶尔盆地南缘天山北坡经济带的中心位置, 属于典型的温带大陆性干旱气候, 冬季长而严寒、夏季短而炎热, 年平均气温

7.0℃, 日照长约 2 861.2 h, 无霜期 170 d 左右, 年蒸发量达到 1 664.1 mm。平均海拔高为 468.5 m, 土壤为沙壤土, 生物类型多样, 主要种植的农作物有棉花、小麦、玉米等, 该区域属于典型的绿洲灌溉农业。试验地棉花以覆膜方式种植, 本试验主要对膜下滴灌和漫灌样地及多年种植棉花后的弃耕地土壤呼吸进行观测对比分析。

1.2 土壤呼吸作用测定

利用 Li-8100 红外气体分析仪(IRGA)对棉田土壤呼吸进行观测, 时间为 2009 年 5~10 月、2010 年 6~9 月, 主要集中在棉花生长期。样地每周测定 1 次, 在棉花生长旺盛期内, 不定期的进行加密观测。为了减少对表层土壤的干扰, 气室放置在 PVC 环上, PVC 环插入土壤, 其上部距土壤表面 5 cm, 在 5 月初安置, 在中耕时, 土壤受到扰动, 待一周稳定后, 继续测定。为减少棉花根系空间分布对土壤呼吸的影响, PVC 环分别安装在滴灌地、漫灌地两膜中间及弃耕地, 样地进行 24 h 的动态测定, 每 1 h 进行 3 次重复测定。此外, 本文所用时间均为北京时间, 由于时差, 故以北京时间 8:00~20:00 作为昼, 20:00~次日 8:00 为夜。

2 结果与分析

2.1 土壤呼吸日变化特征

陆地生态系统受太阳辐射昼夜变化的影响, 相应的土壤温度、根系和土壤微生物强度也发生昼夜

收稿日期: 2011-03-15

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费(IDM200705); 新疆气象局项目(200825); 新疆气象局青年基金(201132)

作者简介: 曹 兴(1984—), 男, 硕士, 研究方向为气候变化和环境演变。E-mail: cxidm@163.com。

通讯作者: 陈荣毅, 博士, 副研究员, 研究方向为荒漠生态与农业气象。E-mail: chenry@sohu.com。

变化,从而土壤呼吸速率日变化特征表现出与温度较一致的动态过程。本研究为增加可比性及代表性,选择无灌溉、降水等湿润事件下的晴天土壤呼吸数据进行日变化分析。对 5~10 月晴天时的棉田(滴灌地、漫灌地)和弃耕地土壤呼吸数据计算其平均值,得出土壤呼吸速率均值日变化过程曲线。

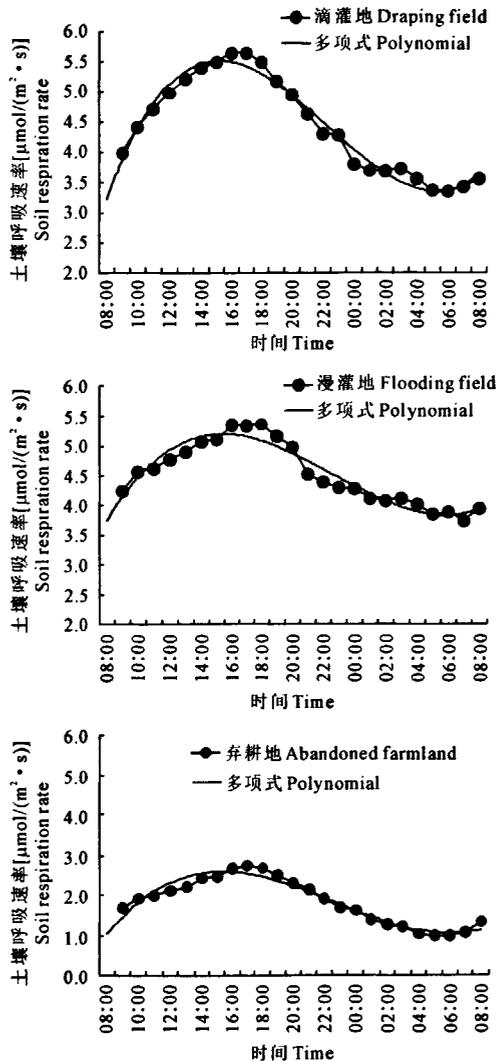


图 1 土壤呼吸速率均值日变化特征(晴天)

Fig.1 The diurnal dynamic characteristic of the daily soil respiration (sunny day)

研究发现滴灌地、漫灌地、弃耕地土壤呼吸日动态变化过程较为一致,均为单峰型,白昼土壤呼吸速率变化剧烈,夜间为波动缓慢的下降过程(图 1)。滴灌地、漫灌地、弃耕地土壤呼吸速率的均值分别为 3.45、3.37、1.63 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,棉田土壤呼吸速率高于弃耕地。滴灌地日变幅为 1.88 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,白昼变幅为 1.26 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,而夜间变幅小于白昼。滴灌地土壤呼吸速率在 16:00 达到日最大值 4.45 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,最小值出现在黎明前的 6:00,为 2.57

$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。滴灌地在 10:00~20:00,土壤呼吸速率高于日均值,22:00 之后,随气温的下降,土壤呼吸速率迅速降低,下降至日均值之下;漫灌地土壤呼吸日均值略低于滴灌地,峰值出现在 16:00,为 4.10 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,谷值为 2.70 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,出现在 7:00,谷值出现时间较滴灌地滞后 1 h。由图 1 对比可以看出,漫灌地土壤呼吸日变化过程曲线比滴灌地稍微平缓,其土壤呼吸晴天时变幅为 1.40 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,白昼变幅为 1.87 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,夜间变幅为 0.51 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,在 10:00~20:00 土壤呼吸速率高于日均值,这与滴灌地相一致。弃耕地日动态的变化范围为 0.80~2.58 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,峰值出现在 17:00,谷值出现在 6:00,峰值出现时间较漫灌地滞后 1 h,谷值较漫灌地提前 1 h,但与滴灌地一致。弃耕地无棉花植株生长,土壤植物根系和微生物呼吸较棉田相对偏小,故棉田土壤呼吸速率日均值、峰值、谷值均高于弃耕地,且日变化幅度存在差异。本文的研究结果与青藏高原^[5]、干旱区绿洲农田^[9]、干旱区荒漠^[10]土壤呼吸的日动态过程相类似。

2.2 不同天气背景下土壤呼吸日变化差异

土壤呼吸是一个复杂的过程,其呼吸强度受多种因子的影响作用,天空云量可以影响太阳有效辐射,进而影响大气、土壤温度,最终影响土壤呼吸作用的强度^[11]。为了比较不同天气背景下的土壤呼吸作用差异,本文根据气象学标准把云量 > 8 成作为阴天,云量 < 2 成的作为晴天。同时为减少因不同月份棉花生长及温度升高对土壤呼吸的影响,故选取棉花生长前期和旺盛期不同天气背景下的土壤呼吸进行对比分析。

在不同天气背景下(晴天、阴天)土壤呼吸日变化特征总体趋势相似,即单峰曲线过程,但晴天、阴天下的土壤呼吸日变化过程差异明显。棉花生长前期滴灌地晴天时土壤呼吸速率日均值为 4.12 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,日变化范围为 3.42~5.34 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,阴天时日均值为 3.75 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比晴天下降了 9.9%,日变幅为 1.85 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,变幅较晴天略低;棉花进入生长旺盛期内,气温较生长前期有较大的上升,生长前期晴天时气温日均值为 21.7℃,阴天为 16.1℃,棉花生长旺盛期内,晴天气温日均值提高到 25.7℃,阴天为 24.2℃,棉花根系生长,内外多因素的共同作用使得棉花生长旺盛期内晴天、阴天土壤呼吸速率都有较大的提高,滴灌地晴天、阴天日均值分别为 5.17、4.83 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;从极值出现时间上看,生长前期晴天时峰值出现在 15:00,而阴

天峰值相对滞后 1 h, 谷值出现在 6:00, 阴天则滞后到 8:00。这可能是因为晴天土壤温度升温较阴天快, 进而土壤呼吸速率极值出现时间均有不同程度的提前; 生长旺盛期内, 土壤呼吸速率晴天时峰值、谷值出现时间较生长前期不一致。滴灌地棉花生长

前期晴天时, 白昼土壤呼吸变化剧烈, 至 0:00 之后, 呈现波动缓慢下降的过程。此外晴天白昼土壤呼吸速率均高于阴天, 至午夜 0:00 左右, 两者差异减小。但在生长旺盛期内晴天时的土壤呼吸速率在 14:00 后始终高于阴天, 这与棉花生长前期有所差异。

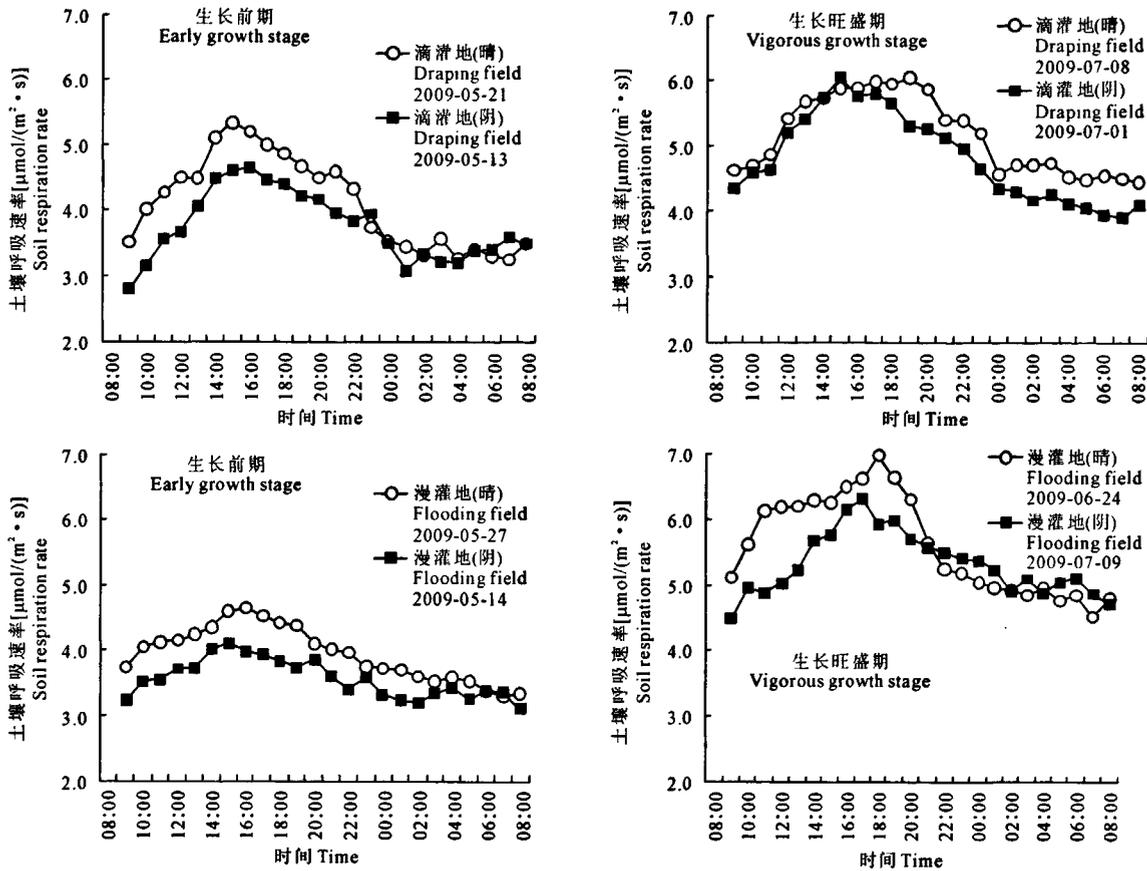


图 2 不同天气背景下棉田土壤呼吸特征

Fig.2 The soil respiration statistics of the cotton field in different weathers

漫灌地在棉花生长不同阶段中, 土壤呼吸日变化总体趋势是一致的, 即白昼土壤呼吸上升快、下降快, 夜间缓慢下降的过程。棉花生长前期晴天、阴天的土壤呼吸速率日均值分别为: 3.95、3.56 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。日变化范围分别为: 3.30 ~ 4.64、3.12 ~ 3.98 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。晴天时的土壤呼吸速率高于阴天, 晴天/阴天土壤呼吸速率峰值/谷值出现时间分别为 16:00、8:00。在棉花生长旺盛期, 晴天时土壤呼吸日均值较生长前期提高了 1.66 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 阴天日均值提高了 50.2%。生长旺盛期的晴天、阴天日变化幅度分别为: 2.17、2.14 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。极值分别出现在(最大值) 19:00、17:00、(最小值) 8:00、7:00。阴天时, 土壤呼吸的峰值较晴天时提前 1~2 h。由以上分析可知, 漫灌地在棉花不同生长阶段/不同天气背景下, 土壤呼吸日变化呈单峰曲线过程, 但晴天变化过程较阴天剧烈且晴天土壤呼吸

速率高于阴天。

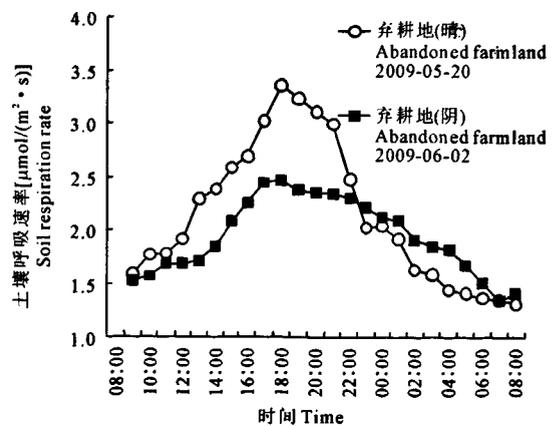


图 3 不同天气背景下弃耕地土壤呼吸特征

Fig.3 The soil respiration statistics of the abandoned farmland in different weathers

弃耕地因无棉花生长, 排除棉花不同生长阶段

根系对土壤呼吸的影响。故选取时间尺度上相近的晴天、阴天土壤呼吸数据进行统计分析,其在不同天气背景下的土壤呼吸日变化曲线图(图 3)。晴天、阴天时土壤呼吸日变化过程基本为单峰型,但日均值则远低于滴灌地、漫灌地。弃耕地在晴天/阴天的日均值为 2.14、1.94 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;晴天时日变化范围为 1.32 ~ 3.35 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,变幅为 2.03 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,阴天日变幅为 1.12 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,远低于晴天的变幅。弃耕地晴天时土壤呼吸日变幅高于滴灌地、漫灌地的阴天时的日变幅。弃耕地峰值出现时间在两种天气条件下均为 18:00,而谷值晴天在 07:00,阴天则滞后至 08:00。

不同天气背景下,三样地土壤呼吸日变化特征基本趋势较一致,但变化过程差异明显。晴天土壤呼吸速率高于阴天,白昼高于夜间。晴天白昼土壤呼吸速率变化剧烈,夜间较为平缓;阴天白昼/夜间变幅较小,这与气温在不同天气背景下的变化规律相似。由此可见,不同天气背景下温度的变化,导致土壤呼吸速率的日变化过程差异。

2.3 不同阶段土壤呼吸日变化对比分析

为进一步研究不同样地间,土壤呼吸在不同月份变化的差异,更加准确地评估土壤 CO_2 日排放量的变化,对三样地(5~10月)土壤呼吸日变化过程进行对比分析。为增加可比性,减少土壤呼吸日变化受天气状况的影响,选择晴天时的土壤呼吸数据进行对比分析。

不同样地的土壤呼吸速率在不同时间段内最大值、最小值、日均值差异明显(表 1),土壤呼吸速率日均值在 6 月、7 月较大,其他月份较小。在 5~8 月棉田(滴灌地、漫灌地)土壤呼吸速率最大值、最小值、均值都高于弃耕地。9~10 月由于气温下降,土壤呼吸速率相对较低。如:9 月滴灌地、漫灌地、弃耕地日均值分别为 1.40、1.25、1.18 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。滴灌地最大值出现在 8 月为 7.15 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;漫灌地最大值出现在 7 月为 7.39 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;弃耕地在 5~10 月,最大值出现在 5 月,为 3.35 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,而极大值为 3.73 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,弃耕地的极大值出现在降水时所观测的数据。三样地最小值分别为 0.46、0.45、0.12 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。在棉花生长的前期和中期,弃耕地日均值比棉田(滴灌地、漫灌地)低。在土壤呼吸速率日均值方面,漫灌地日均值最高为 5.98 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;其次为滴灌地次之,弃耕地日均值最高为 2.07 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。不同样地、不同月份的土壤呼吸速率日变化数据方差分析差异较大。

表 1 5~10 月土壤呼吸统计特征值对比(晴天)

Table 1 The Statistical values of soil respiration from May to October in sunny day [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]

月份 Month	样地 Land type	均值 Average	最大值 Max	最小值 Min	方差 Variance
5 月 May	滴灌地 Drip irrigation field	3.67	4.66	2.81	0.37
	漫灌地 Flood irrigation field	3.00	3.64	2.30	0.15
	弃耕地 Abandoned farmland	2.07	3.35	0.98	0.55
6 月 Jun.	滴灌地 Drip irrigation field	3.53	4.84	2.13	0.81
	漫灌地 Flood irrigation field	3.54	4.33	2.53	0.32
	弃耕地 Abandoned farmland	2.07	3.09	0.96	0.33
7 月 Jul.	滴灌地 Drip irrigation field	5.29	6.10	4.46	0.42
	漫灌地 Flood irrigation field	5.98	7.39	5.33	0.29
	弃耕地 Abandoned farmland	1.74	2.51	0.73	0.36
8 月 Aug.	滴灌地 Drip irrigation field	5.22	7.15	3.59	0.38
	漫灌地 Flood irrigation field	5.62	6.98	4.52	0.58
	弃耕地 Abandoned farmland	1.51	2.60	0.65	0.37
9 月 Sep.	滴灌地 Drip irrigation field	1.82	2.64	1.06	0.32
	漫灌地 Flood irrigation field	1.40	2.05	0.89	0.17
	弃耕地 Abandoned farmland	1.25	2.12	0.56	0.24
10 月 Oct.	滴灌地 Drip irrigation field	1.18	2.11	0.46	0.30
	漫灌地 Flood irrigation field	0.90	1.61	0.45	0.19
	弃耕地 Abandoned farmland	0.69	1.64	0.12	0.29

不同阶段土壤呼吸速率日变化过程分析表明,绿洲棉田(滴灌地、漫灌地)和弃耕地土壤呼吸速率日变化总趋势相似,但过程差异明显。棉田(滴灌地、漫灌地)土壤呼吸 CO_2 日排放量在 5~8 月高于弃耕地,这种差距在棉花生长旺盛时的 7、8 月份表现尤为明显。在棉花生长前期 5 月份以及后期 9 月、10 月土壤呼吸速率差别较小。在气温较低的 9 月、10 月三样地土壤呼吸作用相对较弱,土壤呼吸速率日变化的回落时间早于 5~8 月,且峰值出现时间较其他月份提前 2 h 左右。在 6~8 月棉田(滴灌地、漫灌地)土壤呼吸速率明显高于弃耕地,但弃耕地的峰值出现时间基本上略早于棉田,可能是弃耕

地无植被覆盖,比棉田土壤对温度响应速度更快。两种不同的灌溉方式下,滴灌地和漫灌地除了7月外,生长季内其他月份日变化差异不大。7月份漫灌地的土壤呼吸明显高于滴灌地,其均值相差 0.69 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。这是因为漫灌地在测定前几天进行了一次大水漫灌,增加了土壤湿度,土壤呼吸日均值达到 5.98 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。从土壤呼吸极值出现时间来看,棉田(滴灌地、漫灌地)和弃耕地土壤呼吸峰值一般出现在 15:00 ~ 20:00,随后逐步降低,在夜间

4:00 ~ 6:00 达到谷值,在 6:00 后,土壤呼吸速率上升趋势明显。这可能是在干旱气候下,昼夜温差大,夜间凝结水经常在地表形成一定量的露水,这种露水成了土壤表层微生物活动的重要水源^[12],日出后随着气温和地温的升高,微生物消耗大量活性碳、生化反应和有机质分解加速,从而释放大量的 CO_2 ,形成了 6:00 后,土壤呼吸速率上升的趋势。

2.4 土壤呼吸昼夜变化差异

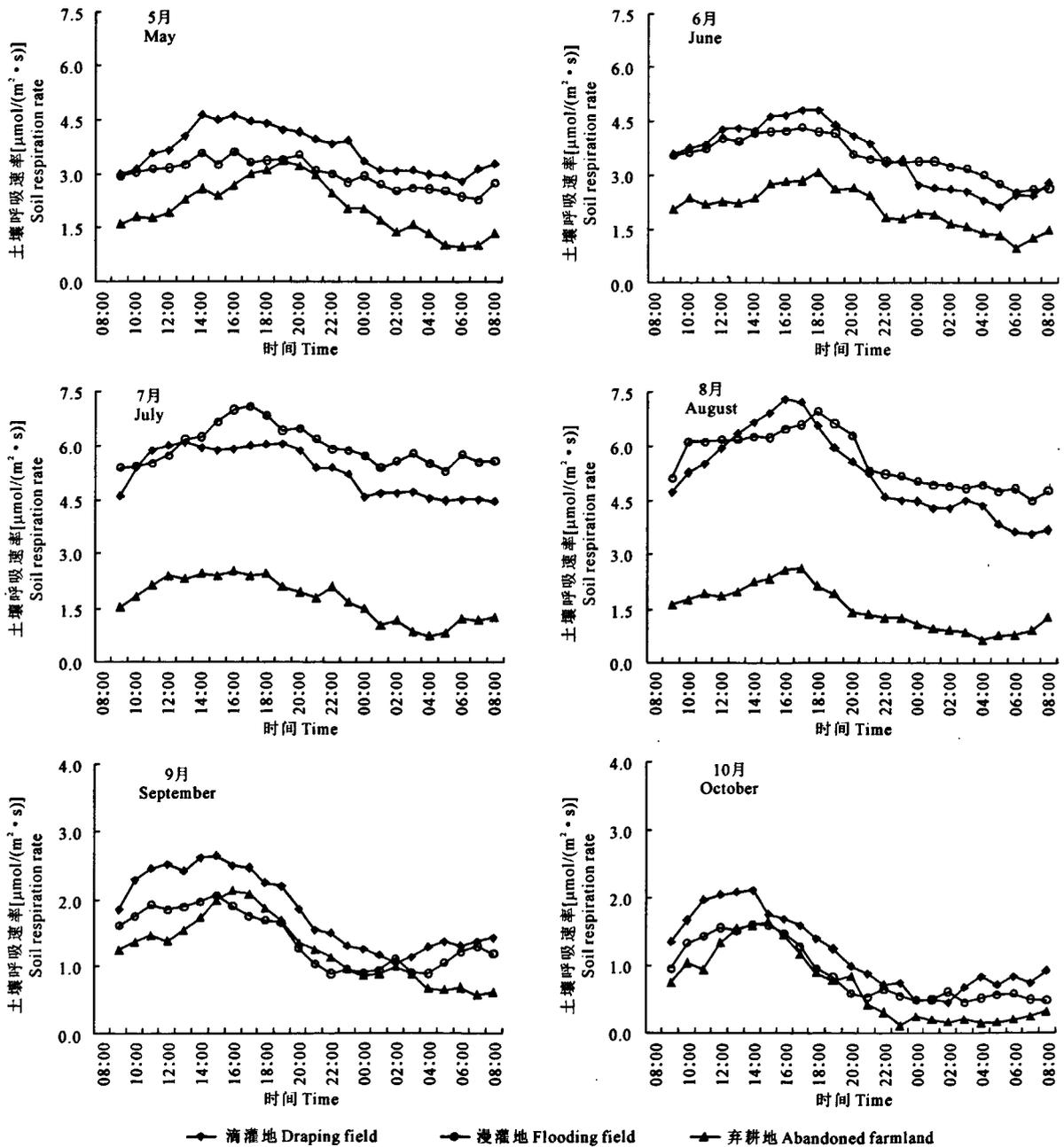


图 4 5~10月土壤呼吸日变化特征对比分析

Fig.4 The contrast analysis of daily change of soil respiration from May to October

表2 土壤呼吸昼夜变化比较 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
Table 2 The change of soil respiration between day and night

月份 Month	滴灌地 Drip irrigation field			漫灌地 Flood irrigation field			弃耕地 Abandoned farmland		
	昼均值 Day mean	夜均值 Night mean	昼所占比例(%) Day percentage	昼均值 Day mean	夜均值 Night mean	昼所占比例(%) Day percentage	昼均值 Day mean	夜均值 Night mean	昼所占比例(%) Day percentage
5	4.00	3.31	54.7	3.40	2.71	55.6	1.85	1.30	58.7
6	4.53	3.68	55.2	5.19	4.32	54.6	2.21	1.63	57.5
7	5.13	4.32	54.3	4.63	4.59	50.2	2.08	1.36	60.5
8	4.73	4.37	52.0	3.39	3.34	50.4	1.67	0.90	65.0
9	2.33	1.30	64.0	1.77	1.03	63.2	1.65	0.84	66.4
10	1.65	0.71	70.1	1.26	0.54	70.2	1.16	0.23	84.3

经方差分析,土壤呼吸速率昼夜存在显著差异 ($F = 86.9, P = 0.000$)。三样地土壤 CO_2 通量的昼夜变化趋势总体相似,即昼高夜低,不同月份差异明显。土壤呼吸速率月均值在生长季(5~10月)内都表现出先升后降的变化过程。棉田(滴灌地、漫灌地)土壤呼吸速率昼、夜均值都高于弃耕地,在棉花生长旺季,这一表现更显著。漫灌地6月份白昼月均值最高达到 $5.19 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,最小月均值为 $1.26 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,其最高值为最小值的4.1倍。从土壤呼吸速率昼夜差异上分析认为,白昼土壤呼吸值所占比例均在50%以上,最低的为50.2%,最高为84.3%。即白昼土壤呼吸值在5~10月内均高于夜间土壤呼吸值。弃耕地与棉田相比,其昼夜土壤呼吸速率差异更明显,白昼土壤呼吸值占到全天呼吸值的57.5%~84.3%,这一比例远高于棉田白昼土壤呼吸值所占比例。在整个生长季内,三样地夜间土壤呼吸值低于白昼土壤呼吸值,这主要是受温度影响,干旱区昼夜温差较大,夜间较低的气温和地温抑制了土壤微生物的活性,减少了土壤中 CO_2 的排放量,因此夜间土壤释放 CO_2 的量较小。随着气温的下降,白昼土壤呼吸所占比例越高。进一步的研究发现,白昼土壤呼吸值比例与月均气温的存在显著负相关性,滴灌地、漫灌地、弃耕地的相关系数分别为 -0.908 、 -0.930 、 -0.886 ($P < 0.05$),说明随着气温的上升,白昼和夜间的呼吸速率差值减少,月均气温越低,白昼的土壤呼吸作用较夜间越强,所占比例越大。

3 结论

1) 绿洲棉田、弃耕地土壤呼吸日变化过程均为单峰型,白昼变化剧烈,夜间为波动缓慢的下降过程。三样地土壤呼吸速率均值分别为 3.45 、 3.37 、 $1.63 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,棉田土壤呼吸速率远高于弃耕地。

2) 在不同天气(晴天、阴天)背景下,土壤呼吸日变化格局基本一致,与气温的变化规律相似,但变化过程差异明显。土壤呼吸速率日均值晴天高于阴天,白昼高于夜间。晴天变化剧烈,夜间较为平缓;阴天白昼及夜间变幅较小。

3) 在不同时间段内土壤呼吸各特征值差异显著,在5~8月棉田土壤 CO_2 日排放量高于弃耕地,9、10月差别较小。土壤呼吸峰值出现在15:00~20:00,随后逐步降低,在4:00~6:00达到谷值,6:00后,土壤呼吸速率上升趋势明显。

4) 土壤呼吸速率昼夜存在显著差异。土壤 CO_2 通量的昼夜变化趋势总体相似,即昼高夜低,棉田昼、夜均值均高于弃耕地,白昼土壤呼吸值比例与月均气温存在显著负相关性。

参考文献:

- [1] Schlesinger W H, Andrews J A. Soil respiration and the global carbon cycle[J]. *Biogeochemistry*, 2000,48:7-20.
- [2] 刘绍辉,方精云.土壤呼吸的影响因素及全球尺度下温度的影响[J]. *生态学报*,1997,17(5):469-476.
- [3] Raich J W, Potter C S. Global patterns of carbon dioxide emissions from soil[J]. *Global Bio-geochemistry Cycles*, 1995,9:23-26.
- [4] Friedlingstein P, Dufresne J L, Cox P M, et al. How positive is the feedback between climate change and the carbon cycle? [J]. *Tellus*, 2003,55B:692-700.
- [5] 刘允芬,欧阳化,张宪洲,等.青藏高原农田生态系统碳平衡[J]. *土壤学报*,2002,39(5):636-642.
- [6] 陈光水,杨玉盛,格氏栲天然林根系呼吸季节动态影响因素[J]. *生态学报*,2005,25(8):1941-1947.
- [7] Rayment M B, Jarvis P G. Temporal and spatial variation of soil efflux in a Canadian boreal forest[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000,32:35-45.
- [8] 陈全胜,李凌浩,韩兴国,等.典型温带草原群落土壤呼吸温度敏感性土壤水分的关系[J]. *生态学报*,2004,24(4):831-836.
- [9] 谢静霞,李彦.盐生荒漠与绿洲农田土壤 CO_2 通量的对比研究[J]. *自然科学进展*,2008,18(3):262-268.

- [10] 张丽华,陈亚宁,李卫红,等.干旱区荒漠生态系统土壤呼吸[J].生态学报,2008,28(5):1911—1921.
- [11] Davidson E A, Belk E, Boone R D. Soil water content and temperature as independent or confound factors controlling soil respiration in a temperature mixed hardwood forest [J]. *Global Change Biology*, 1998,4:217—227.
- [12] Valentini R, Kane H. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forest[J]. *Nature*, 2000,404:861—865.

Study on diurnal dynamic characteristic of soil respiration in oasis cotton field of arid area

CAO Xing¹, CHEN Rong-yi², CAI Xin-ting¹, WANG Si-meng¹, JIANG Heng¹

(1. *Urumqi Meteorological Administration, Urumqi 830000, China;*

2. *Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China*)

Abstract: By using the LI-8100 Automated Soil CO₂ Flux System, we determined the diurnal dynamic characteristic of soil respiration in oasis cotton field. The results indicated that: The diurnal fluctuation of soil respiration is characterized by single-peaked curve, and the average rate of soil respiration of drip irrigation field, flood irrigation field and abandoned farmland is 3.45, 3.37 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ and 1.63 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ respectively. In addition, the peak value of soil respiration occurs at 15:00 ~ 20:00 (Beijing time), the valley value mainly occurs at 4:00 ~ 6:00, there is a increasing tendency about the rate of soil respiration after 6:00. The diurnal changes of soil respiration are similar in different weathers, and the average daily value in fine day is higher than that in cloudy day, which is also higher in day than that at night. The rate of soil respiration changes fiercely during the day and falls slowly during the night. The average values of soil respiration rate during the day and night in cotton field are higher than those in abandoned farmland.

Keywords: arid area; oasis cotton field; soil respiration; diurnal dynamic

(上接第 155 页)

Study on the design and application of spraying irrigation for the influence of wind

YU Li-ming¹, NIU Wen-quan²

(1. *School of Hydraulic Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha, Hu'nan 410114, China;*

2. *College of Water Resource and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China*)

Abstract: Based on the test results of the hydraulic performance of the single sprinkler 30PSH, sets up the square form according to the combination coefficient such as 1.0R (range), 1.1R, 1.2R, 1.3R, studies the uniformity coefficient and different work pressure, and this paper puts forward that when designers make designs who should abide by the principle of low pressure and big combination distance which can be content with the uniformity and the lower cost when the wind power is very low even though without wind, i. e. designers should use the low pressure such 0.25 MPa, and the big combination coefficient such as 1.3R; the principle of low pressure and small combination distance which can be content with the uniformity and decrease the cost when the wind power is the first and second grade, i. e. designers should use the low pressure such 0.25 MPa, and the big combination coefficient such as 1.1R or 1.0R. while the project finished, under the condition of the uniformity, the manager can decrease the operation cost by adjusting the shifts and increasing or decreasing the opening valves to deal with the different wing power.

Keywords: wind power; uniformity coefficient; combination coefficient; work pressure