

箱法在草地温室气体通量野外实验 观测中的应用研究*

杜 睿 王庚辰 吕达仁 孔琴心

刘广仁 万小伟 张 斌

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

王艳芬 季保明

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

P4 A

摘 要 利用静态箱法采样, 配以气相色谱仪法分析对草地 N_2O 、 CH_4 和 CO_2 温室气体通量进行了较系统的现场测量, 同时对箱体内外温度进行同步观测。在对野外原位观测实验数据进行定量分析的基础上, 论证了静态箱法对草原土壤—植被系统的 N_2O 、 CH_4 和 CO_2 通量测量的适用性和科学性, 讨论了实验结果的可靠性。

关键词: 静态箱法; 气相色谱仪法; 草地; 温室气体; 通量

1 前言

任何科学的研究成果都离不开科学的实验结果, 而正确可行的科学实验方法对于可靠的科学实验结果的获得至关重要。Mosier^[1]通过对个例实验进行分析, 对较大尺度范围内生态不均一区域土壤与大气间微量气体通量的各种测试方法做了综述总结, 认为由于大多微气象学方法如涡度相关法、梯度法等要求较大范围的均一下垫面, 同时 N_2O 和 CH_4 等痕量气体的浓度要求微气象学方法具有较高探测灵敏度, 使得微气象学方法在陆地生态系统 N_2O 和 CH_4 气体通量的田间观测实验中未能被广泛的推广应用。王庚辰^[2]对箱法和主要的微气象学法(涡度相关法、空气动力学法、能量平衡法和质量平衡法)在陆地生态系统温室气体通量现场观测中的科学性和实用性进行了全面的比较和评价。

温带半干旱草原是全球重要的地表类型之一, 在北半球占有相当的覆盖比例, 我国内蒙古中纬半干旱草原在全球具有广大的地域代表性。研究内蒙古温带半干旱草原对温室气体 N_2O 、 CH_4 和 CO_2 的全球收支作用, 对于了解中纬半干旱草原区域在全球变化中的作用有着重要而深远的意义。根据实验观测区的地理状况、气候特征以及植被分布特征^[3], 尽管微气象学法的测量过程不扰动被测点的自然环境和微气候状态, 但由于目前难以克服的技术问题(即需要灵敏度高, 响应时间快并可连续采集数据的传感器, 尤

1999-12-29 收到, 2000-01-26 收到修改稿

* 国家自然科学基金资助项目 49790025 和中国科学院“九五”重大项目 KZ951-B1-415 共同资助

其是对于测量草地生态系统 N_2O 和 CH_4 的田间通量), 所以选择箱法进行草原温室气体通量的观测研究。为确保科研结果的可靠性, 对箱法在草地微量气体通量的观测过程中的可行性和可靠性的验证工作十分必要。已有的报道^[1,4]中, 尚未有采用静态箱法采样, 配以气相色谱仪分析法对三种温室气体同时进行田间通量的测量。本文将通过野外原位观测实验数据, 定量的分析、论证静态箱法对草原土壤—植被系统的 N_2O 、 CH_4 和 CO_2 通量测量的可行性、科学性, 并讨论结果的可靠性。

2 实验方法

2.1 实验样地概况

本研究的实验位点设在中国科学院内蒙古草原定位站站外围栏封育样地内, 此样地位于锡林河北岸二阶台地上, 北邻一条横贯东西、宽约 10 km、长 40 km 的固定沙带, 西边约 5 km 处为依河乌拉火山, 南面是锡林河河漫滩地, 植被类型为草甸。围栏面积约为 0.5 km^2 , 围栏封育前此处是一片由于过度放牧而导致严重退化的羊草草原, 定位站于 1983 年开始进行围栏封育, 禁止放牧, 排除牧压(单位面积上的放牧强度)对群落的影响, 开始恢复演替的过程。经过十多年的围栏封育, 群落的优势种虽尚未能恢复到羊草草原的原生群落外貌, 但已到冰草优势阶段, 主要植物种群有冰草、野韭、委菱菜、双齿葱、小叶锦鸡儿、大针茅等, 属于围栏封育后的恢复草原类型。土壤类型为栗钙土, 由于紧邻沙带, 土壤已有沙化趋势。围栏区内地势平坦, 植物种群生长状况较均一。

2.2 实验样地设计与气体样品的采集

在围栏内选择 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 样方作为静态箱法田间测试温室气体 N_2O 、 CH_4 和 CO_2 通量比对实验的原位观测地点。本实验的研究目的是通过对不同大小的箱体和箱体的不同

透明度对于箱体内部环境变化的影响及其对 N_2O 、 CO_2 和 CH_4 通量检测的影响, 确定静态箱法在草原土壤—植被系统温室气体通量野外观测中的适用性。

箱体的大小分为三种类型: 大箱 $100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ 、中箱 $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ 、小箱 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$, 三种箱体各有两个平行重复, 另有一中箱外全包镀锡不透光反射膜, 大小采样箱共 7 个在实验样方内依次排开。采样箱结构(以中箱为例)如图 1 所示。

在罩箱初时, 15 (20) min、30 (40) min、45 (60) min 分别用 100 mL 医用注射器采集箱内气体 40 mL。

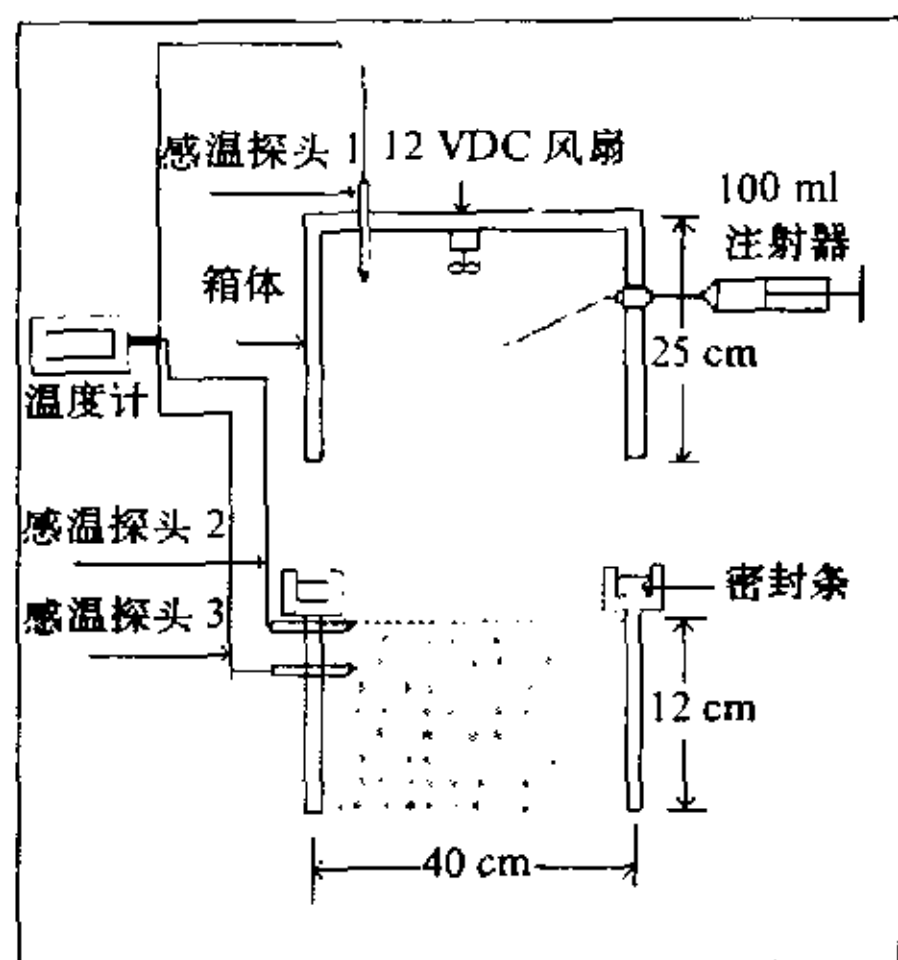


图1 草地微量气体采样箱结构图

2.3 实验设计

在不同的天气状况下, 对晴天、阴天、雨前、雨后和一天中不同的时间段: 清晨、

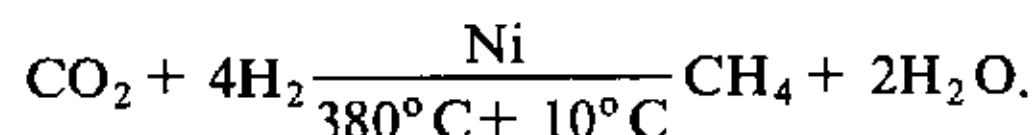
上午、正午、午后、下午、傍晚、晚上、夜间进行通量观测。根据不同的天气状况和采样时间段的不同,罩箱时间一般为 30 min 至 1 h。在每次采气样的同时,对于各箱内的气温、地表温度、地下 10 cm 土壤温度用 TM222 型便携式数字温度计测量,温度范围在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内,测量准确度为 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,读数分辨率为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,用以获得罩箱后箱体内部小环境的变化情况,以评价对 N_2O 、 CO_2 和 CH_4 产生排放通量的影响。用“阿斯曼”通风干湿球表测量箱外环境气温及空气湿度。该比对实验主要集中在 7 月下旬和 8 月中旬,此阶段分别为羊草草原植物生长开花期与结实期。

2.4 N_2O 、 CH_4 与 CO_2 的分析测定

样品即时运回定位站实验室内,用 HP 5890 气相色谱仪对气体样品进行三种气体成分的分析测定。

N_2O 检测器为 ECD (电子捕获检测器),分离柱内填充料为 80~100 目 Porapak Q,载气为 $\text{Ar} \sim \text{CH}_4$ ($\text{Ar}90\%$, $\text{CH}_410\%$) 检测器、分离柱和进样口温度分别是 $380\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $375\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。定量方法采用外标法,4 小时之内对含 N_2O 的体积分数为 305×10^{-9} 的空气样品分析 15 次,其结果标准偏差为 1.92×10^{-9} ,变异系数为 0.63% ,大气样品中 N_2O 的最低体积分数检测限为 2×10^{-9} 。

CO_2 与 CH_4 检测器为 FID (氢焰离子化检测器),由于 FID 仅对有机物有强的响应信号,而对一般的无机成分没有响应,因此在 CO_2 进入 FID 前要先经镍触媒转化器 (Ni),在 H_2 的作用下转化生成 CH_4 而被检测,其反应方程式是



载气为高纯氮气,氢气为燃气,空气为助燃气,流速分别为 25 mL/min , 40 mL/min , 450 mL/min ,检测器、分离柱温度分别为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。4 小时之内 15 次标样 (CO_2 : 367×10^{-6} , CH_4 : 1.942×10^{-6} ,底气为空气)重复分析结果的标准偏差 (STDS) 分别为 2.75×10^{-6} 和 4.2×10^{-6} ,变异系数分别为 0.75% 和 0.21% 。

2.5 通量的计算

在单位面积和单位时间内气体质量的变化 (即该气体的通量),用公式表示为

$$F = \frac{\Delta m}{A \cdot \Delta t} = \frac{\rho \cdot V \cdot \Delta c}{A \cdot \Delta t} = \rho \cdot h \cdot \frac{\Delta c}{\Delta t},$$

式中, F 为气体通量 (Flux), ρ 为试验时温度下的气体密度, Δm 和 Δc 分别是 Δt 时间内的采集箱中变化的气体质量和混合比浓度, h 、 A 、 V 分别为箱的高、底面积和体积。气体通量 (F) 为负值时表示土壤从大气中吸收该气体,正值时表示土壤向大气排放该气体。

3 结果与分析

3.1 箱体的不同大小对箱体内部小环境变化的影响

3.1.1 不同的采样时段和天气状况的影响作用

图 2 是上午不同大小的采样箱分别在罩箱 15、30、45 min 时,箱内的空气温差

ΔT_a 、地表温差 ΔT_s 和地下 10 cm 土壤温差 ΔT_u 的变化情况, 图中 L、M、S、D 分别代表大、中、小和暗箱。图 3 是在下午晴天和阴雨天气条件下箱内的各种温差在不同的罩箱时间长度的变化情况。图 4、图 5 分别是晚上、正午晴天和阴雨天气条件下箱内的

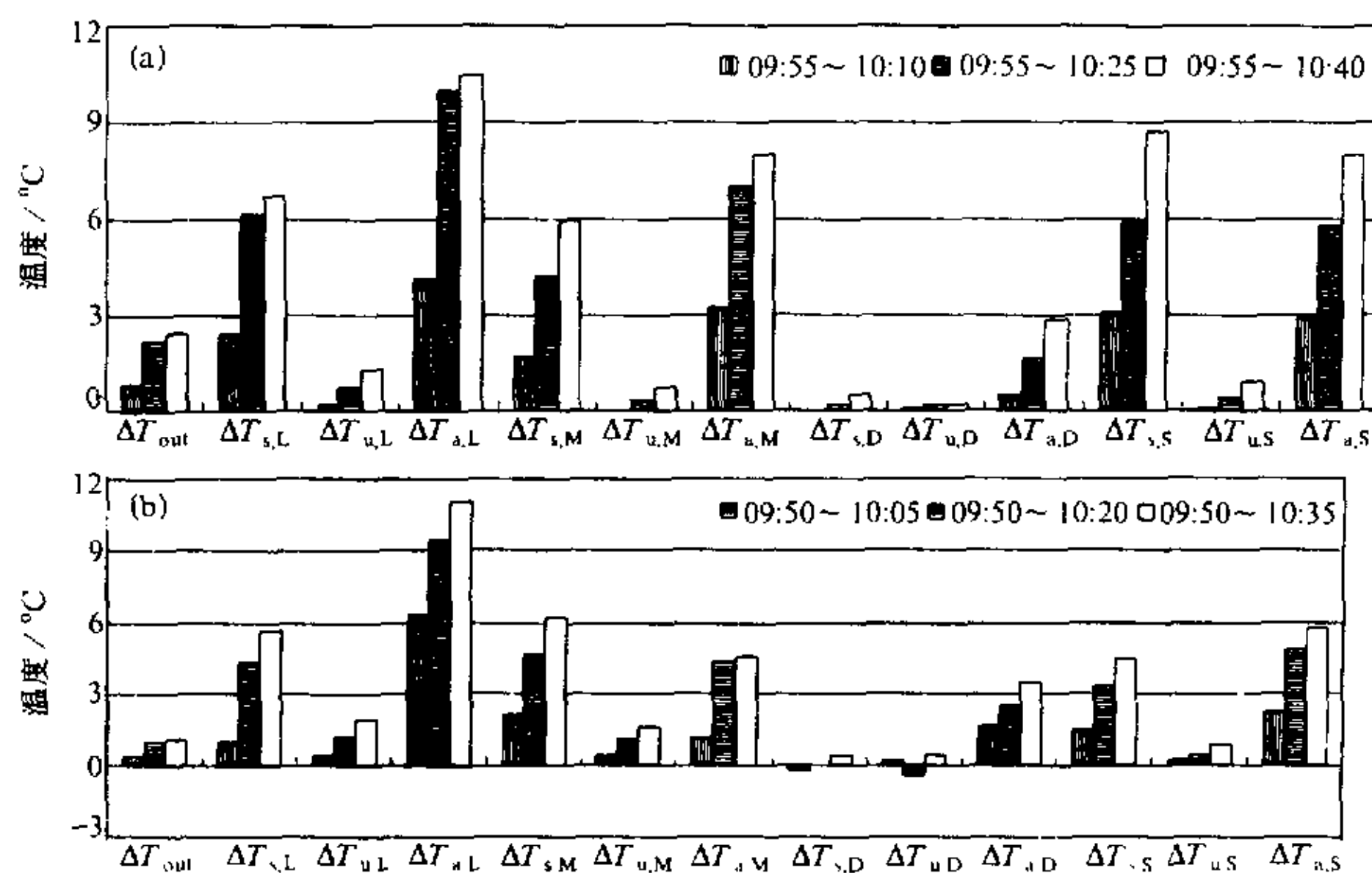


图 2 上午不同采样箱内外各温差的变化
(a) 晴天; (b) 阴天

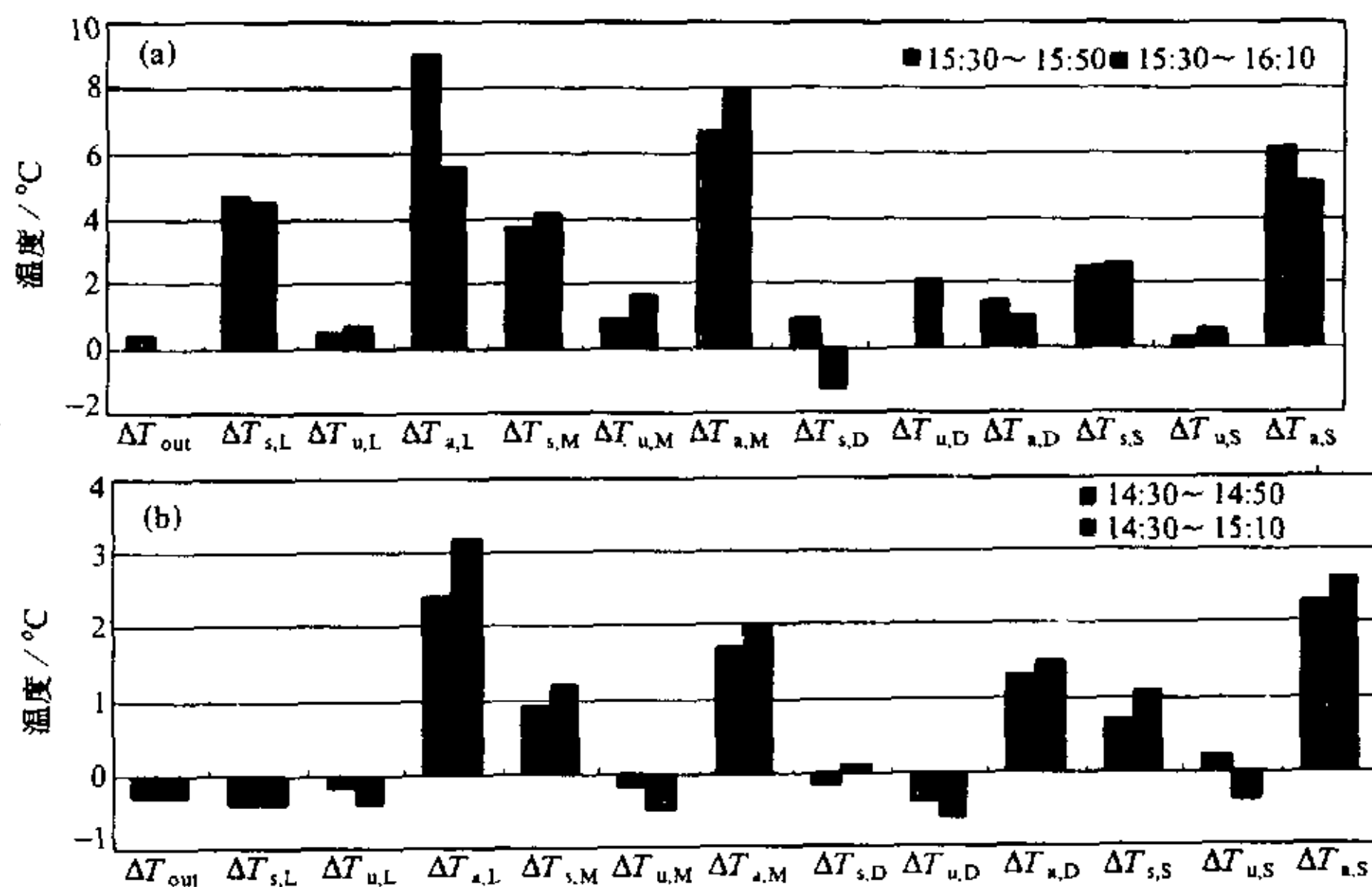


图 3 下午不同采样箱内外各温差的变化
(a) 晴天; (b) 阴雨天

各种温差的变化情况。图 6 是晴天夜间、图 7 是阴天黎明时分箱内的各种温差的变化情况。

从图中可以看出: 在白天的各采样时段内, 箱内的各种温差变化较晚上和夜间的相应值要大; 晴天时比阴雨天箱内的各种温差变化大。在整个采样时段内, 箱外的气温温差变化在 $-3^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ 之间, 即气温下降或升高均未超过 3°C 。若采样时间短, 箱外气

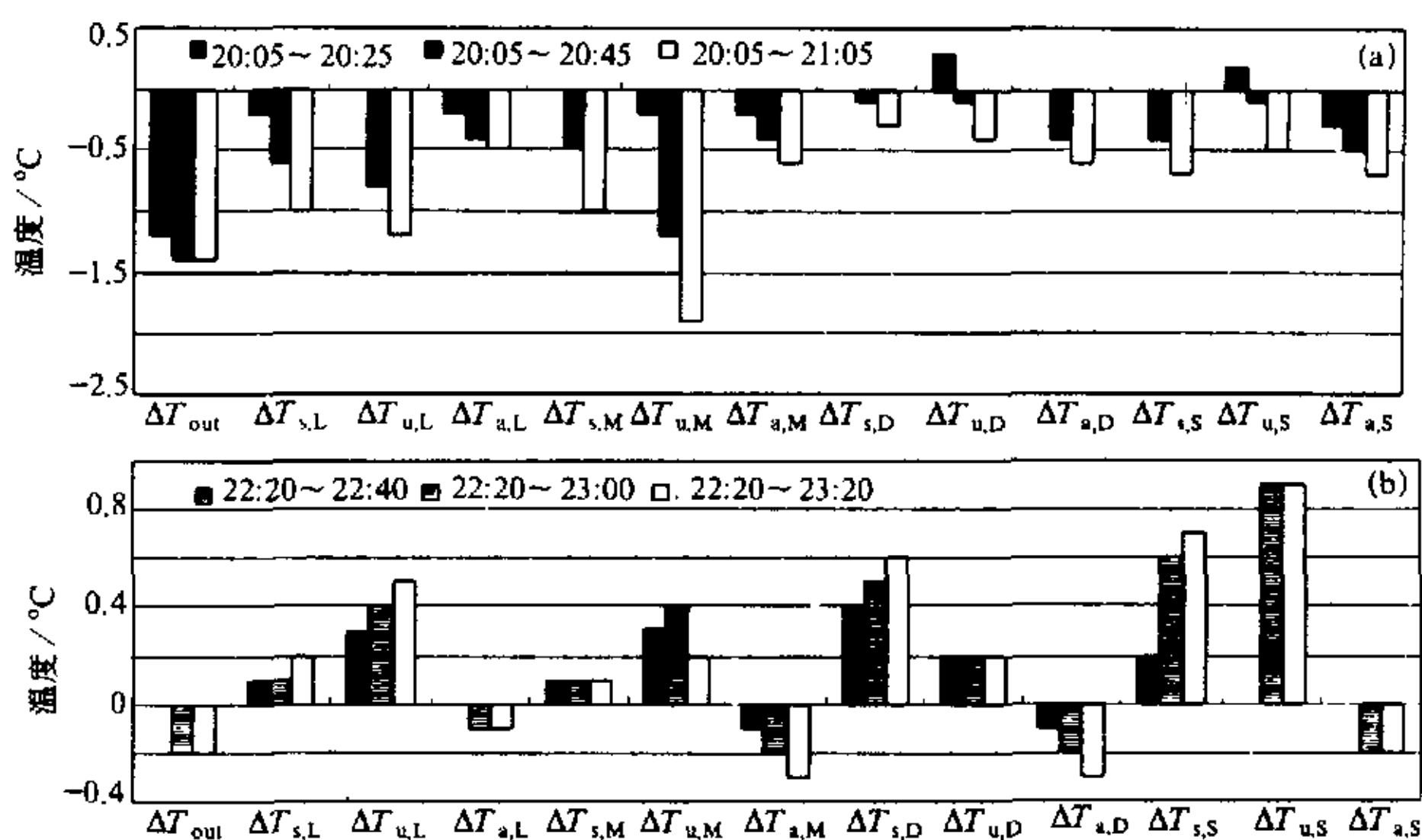


图 4 晚上不同采样箱内外各温差的变化
(a) 晴天; (b) 阴雨天

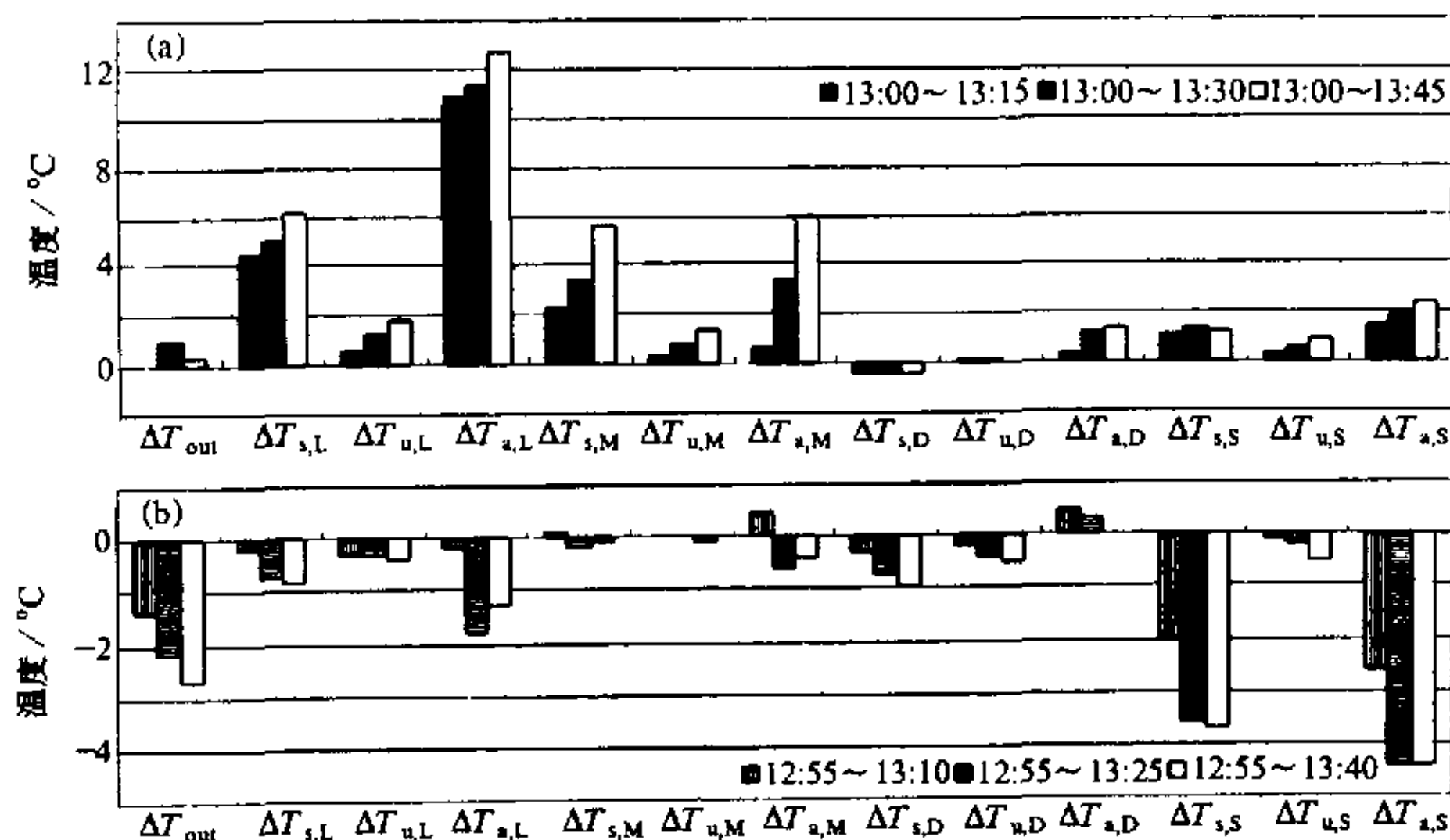


图 5 正午不同采样箱内外各温差的变化
(a) 晴天; (b) 阴雨天

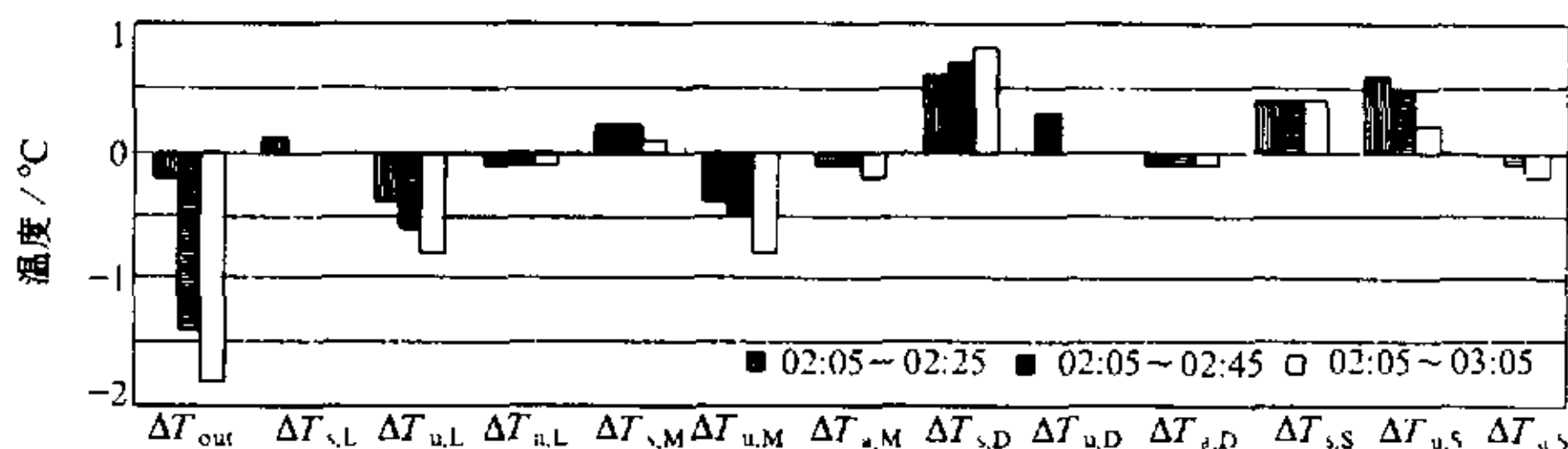


图6 晴天夜间不同采样箱内外各温差的变化

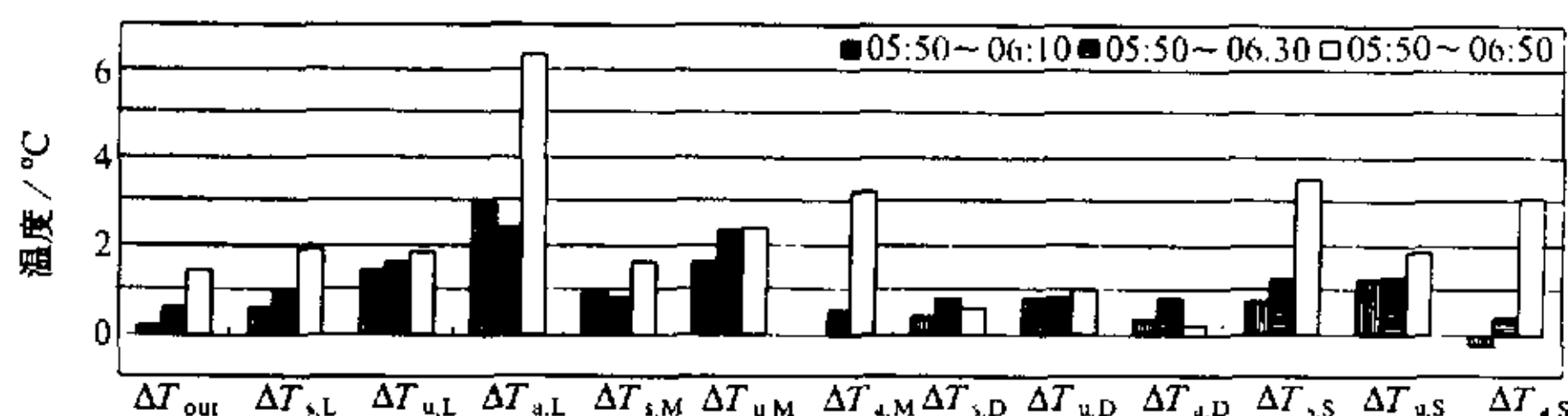


图7 阴天黎明时不同采样箱内外各温差的变化

温变化小甚至无变化。在白天的采样时段内,箱内的三种温度变化中气温变化幅度最大,其次是地表温度,而地下10 cm土壤温度的变化较小,在比对实验期间地下温差 ΔT_u 的最大值为2℃左右。在天气晴朗阳光充足的白天,正午时段采样箱内三种温度变化最大,45 min之内,箱内的气温温差最高可达12℃、地表温差最高可达6℃(见图5a);上午时段采样箱内三种温度变化仅次于正午时段的影响,箱内的气温温差最高可达10℃以上、地表温差最高可达7℃左右(见图2a);下午箱内的气温温差最高可达8℃左右,地表温差最高可达4℃以上(见图3a)。在阴天或阴雨天的情况下,正午时段采样箱内气温温差为5℃左右、地表温差最高将近4℃(见图5b);上午时段采样箱内气温温差最高可达10℃、地表温差最高将近6℃(见图2b);下午箱内的气温温差最高可达3℃左右,地表温差在1℃左右(见图3b)。从整体上讲,在晴朗天气条件下,上午时段采样箱内气温温差变化较大,可达10℃(45 min内),但如果罩箱时间短(15 min或30 min),温度变化较小,温差会相应降低,箱体内部环境的变化相对减弱,箱体内外差别相对降低。考虑以测量痕量气体通量为前提,尽量减少罩箱前后箱体内外差别,所以扣箱时间长度的选择,对于计算通量时 Δt 的选择是一很好的指标。

3.1.2 箱体的不同大小和质料的影响作用

从图中可以看出:暗箱内的温度变化在各采样时段内和不同的天气条件下,各类温差值均明显低于其他的明箱。这是由于明箱箱体主要是透明有机玻璃材料制成,罩箱后其对于太阳短波辐射影响不大,透过率达95%,短波辐射仍可进入,而地表和箱内空气的长波辐射受箱罩阻挡又散不出去,“温室效应”明显加剧;但对于暗箱来说,因反射

膜的作用阻止了太阳短波辐射, 所以暗箱温度上升幅度要比明箱低得多, 1 h 内最大温差也仅 3 ℃ 左右, 有时在观测时段内没有温度的变化, 温差为 0 ℃。

透光箱体因大小不同其影响作用也各有区别。不同大小箱体罩箱后对箱内 10 cm 土壤温度影响不明显; 对于箱内气温的改变, 白天晴天状态下, 箱内气温温差值的大小随箱体大小依次降低, 即 $\Delta T_{a,L} > \Delta T_{a,M} > \Delta T_{a,S}$ 。这可能是由于大箱面积大, 接受太阳短波辐射最多, “温室效应” 最强的缘故。地表温差值大箱最大, 但中箱与小箱的温差值随采样时段不同而大小有别, 上午小箱温差值大于中箱而正午与下午则情况相反。阴雨或多云天气状况下, 箱内的温度变化情况比较复杂, 箱内气温变化仍以大箱最明显 (即气温温差值最大), 中箱与小箱的温差值大小区别不显著; 地表温度变化三种箱体区别不显著。总之, 同一天气条件下, 大箱内温度 (气温和地表温度) 变化较明显, 中箱与小箱内相应温度变化幅度之间区别不大。

3.2 不同的箱体对于草原不同温室气体通量监测的影响

3.2.1 不同的箱体对于氧化亚氮 (N_2O) 气体通量监测的影响

对在不同的时间段 (清晨、上午、正午、午后、下午、傍晚、晚上、夜间) 和不同的天气状态下 (晴天、阴天、阴雨天) 用不同的箱体采集气样所观测的 N_2O 的通量进行数理统计分析, 相关系数 t 检验, $P < 0.05$ 。结果见表 1。

由于在观测实验中存在较大的时间、天气状况等变异, 且草地 N_2O 通量本身具有较明显的日变化特征, 所以在 7 月下旬进行的 8 次实验, 对于同一采样箱所测结果各不相同, 从标准偏差普遍较大也可反映出。从比较 N_2O 通量观测值的平行性而言, 三种大小不同的箱子, 中箱对于观测 N_2O 通量的稳定性较其他两种更好一些 (其相关系数在三类箱中最好)。采样箱的透光性对于 N_2O 通量观测存在一定的影响, 实验中采用的暗箱与明箱制作材料的唯一区别在于暗箱是由明箱外包一层镀锡不透光反射膜而成, 所以暗中箱与明中箱的实验结果的一致性低于两明中箱的实验结果 (见其相关系数), 仍高于其他两种箱体观测结果的一致性。这是由于罩箱后箱内的气温变化最大, 而土壤微生物的代谢活动是土壤 N_2O 产生的主要过程, 与土壤温度相关, 箱内地下温度的变化又不显著, 对于 N_2O 的产生影响不明显。

表 1 不同采样箱 N_2O 通量的标准偏差、相同箱体 N_2O 通量的相关系数

	$n=8$	L1	L2	M1	M2	DM*	S1	S2
标准偏差	20 min	14.74	15.95	18.50	77.95	33.56	38.20	11.63
	40 min	18.58	14.32	15.91	10.21	23.67	35.02	7.87
	60 min	17.97	13.02	15.32	9.91	19.82	31.04	12.85
相关系数	20 min	0.49		0.93		0.80	-0.42	
	40 min	-0.04		0.82		0.86	-0.12	
	60 min	0.26		0.92		0.85	0.07	

* DM 不透光中箱 N_2O 通量的相关系数是 M1 与 DM 通量值相比而得, 下表情况均同

为评价各箱体观测结果的相对准确性, 将每次观测同一时间内三种不同大小箱体 N_2O 通量值求平均 (定义为该时刻的通量), 计算每个观测值与平均值的偏离值, 再将同一箱体 8 次观测的偏离值求标准偏差, 其结果见表 2。

表 2 不同采样箱 N_2O 通量偏离平均值的标准偏差

	$n=8$	L1	L2	M1	M2	S1	S2
标准偏差	20 min	7.0	13.2	12.5	10.1	33.3	13.7
	40 min	16.5	12.8	14.0	6.6	35.6	8.5
	60 min	13.9	8.2	13.2	9.3	28.6	12.3
平均值*		11.9		10.9		22.0	

* 平均值为同类箱体所有观测时段内标准偏差的平均值

从对实验数据的分析结果来看, 在同一条件下, 在箱底面能具有一定的覆盖度的条件下, 中等大小的采样箱 N_2O 通量的相关系数较其他箱体大 (见表 1), 而其偏离平均值的标准偏差却较低 (见表 2), 实验结果的相对准确性和重复稳定性都较好, 在造价与携带的便利方面中等箱体也同样具有优势。

3.2.2 不同的箱体对于甲烷气体通量监测的影响

表 3、表 4 是对在不同的时间段和不同的天气状态下, 用不同的箱体采集气样, 观测 CH_4 的通量并进行数理统计分析的结果。从实验数据的分析结果来看, 对于 CH_4 的吸收通量的测量, 箱体的透光与否影响不明显。相比之下仍然是中箱对于测量 CH_4 通量的稳定性 (见表 3) 和相对准确性 (见表 4) 较其他两种箱体更好一些, 但是比同类型箱体间测量 N_2O 通量的重复稳定性差。

表 3 不同采样箱 CH_4 通量的标准偏差、相同箱体 CH_4 通量的相关系数

	$n=8$	L1	L2	M1	M2	DM*	S1	S2
标准偏差	20 min	55.83	395.82	11.49	37.40	15.80	13.35	20.45
	40 min	15.08	202.07	7.97	10.38	8.03	12.64	8.65
	60 min	5.91	134.00	11.17	9.17	11.60	10.10	7.93
相关系数	20 min	-0.99		0.33		0.51		0.45
	40 min	-0.81		0.29		0.16		0.03
	60 min	0.42		0.67		0.88		0.38

表 4 不同采样箱 CH_4 通量偏离平均值的标准偏差

	$n=8$	L1	L2	M1	M2	DM*	S1	S2
标准偏差	20 min	113.2	338.4	54.0	23.5	49.9	51.2	52.3
	40 min	41.2	173.4	29.4	22.1	25.9	33.3	24.6
	60 min	21.1	110.8	19.7	17.3	18.4	20.7	17.5
平均值		133.0		27.7		33.3		

注: 表 4 的统计处理方法与表 2 相同

3.2.3 不同的箱体对于二氧化碳气体通量监测的影响

表 5 是对 CO_2 通量观测的分析结果。从分析结果来看用静态箱法观测 CO_2 通量, 在同样的条件下通量观测值变异幅度很大, 每一个采样箱的测试结果的标准偏差很大, 使得我们要考虑实验结果的准确度的代表性。由于所测 CO_2 通量反映了几种生物过程的综合结果, 地上植物在白天光照条件下, 进行光合作用吸收 CO_2 , 与此同时植物的光呼吸作用和地下土壤的呼吸作用将释放 CO_2 , 所以采样箱体的透明性对于 CO_2 通量的观测结果影响非常显著 (见表 5)。

表 5 不同采样箱 CO₂ 通量的标准偏差、相同箱体 CO₂ 通量的相关系数

	n=8	L1	L2	M1	M2	DM *	S1	S2
标准偏差	20 min	325.68	509.57	587.41	1262.87	218.21	470.96	433.53
	40 min	308.96	408.16	480.37	409.20	306.37	312.42	352.41
	60 min	322.83	390.54	474.20	394.75	504.20	353.19	353.39
相关系数	20 min		0.80		0.91	0.17		0.95
	40 min		0.76		0.99	-0.07		0.54
	60 min		0.79		0.99	0.19		0.86

在晚上、夜间或阴天无光照的情况下，由于植物的光合作用停滞或很弱，同种箱体间重复性还是可信的。已有的研究表明：根据草原植物的生理活性特征其光合作用敏感于气温、光照强度、植物水分和 CO₂ 的浓度等因素^[5~8]，这也是导致在不同天气条件下，不同采样时段，同样的箱法对于测量 CO₂ 通量变异很大的原因之一。静态采样箱内的气温尤其在晴天变化较大，最大可使箱内气温上升 14 ℃，在短时间内气温的急剧升高可能会抑制植物的光合作用，由于光合作用受到抑制，而植物的光呼吸作用和地下土壤的呼吸作用仍继续进行，可能会导致对于 CO₂ 通量的实验观测结果偏离实际结果，仅仅依靠静态箱法本身的比对实验已经不能检验此方法对于 CO₂ 通量观测结果的准确性和稳定性。

4 结论

- 通过在不同日候条件下，利用静态箱法对草地微量气体通量的实验观测发现：
- (1) 静态箱法会改变箱体内部小环境，受罩箱时间的影响，对于箱内的气温和地表温度的改变影响较显著，而对于地下 10 cm 土壤温度的变化影响较弱。
 - (2) 箱内的气温和地表温度的改变程度在不同的天气条件和不同的采样时段亦各不相同。一般情况下，晚上和夜间箱内的温差为 1~2 ℃，清晨稍高一些；而在晴朗的天气条件下，白天上、下午及正午箱内的气温和地表温度变化较大，短时间内箱内气温可上升 14 ℃左右，但阴天或阴雨的情况下，箱内气温差一般不超过 4 ℃。
 - (3) 不同类型和大小的箱体对于箱内温度变化的影响也各不相同，不透明的箱体内部气温和地表温度变化较弱；透明的箱体中，大箱子内温度变化大于中、小两类箱子，而后两类箱体箱内温差的大小在不同的日候条件下各有强弱，但区别不显著。暗箱较明箱可减少箱内外温度的差异，在不需考虑光照对于某些生物过程的影响的条件下使用暗箱，可以减缓箱法对于内部小环境的扰动。
 - (4) 静态箱法对于草原不同温室气体的影响因不同的温室气体生物产生和消耗过程不同而有别。由于罩箱前后对于表层土壤温度变化的影响不大，而氧化亚氮和甲烷的产生与消耗过程主要是由土壤微生物完成，在尽量缩短罩箱时间的前提下箱内微气象环境的变化不足以对氧化亚氮和甲烷的产生与消耗过程造成较大的影响，其实验结果的重复稳定性较二氧化碳通量的监测结果好；箱体的透明度对于甲烷监测结果影响微弱，对于氧化亚氮有一些影响，但不显著，静态箱法对于二氧化碳通量的观测结果影响很大。利

用静态箱法对草地氧化亚氮和甲烷的排放通量进行观测是可行的。

(5) 三种温室气体的观测结果的统计分析结果表明, 以实验结果的可靠性为前提, 同时考虑实验材料的造价以及携带和运输的便利, 实验采用中等箱体较好。由于箱法本身的原因, 对于采用静态箱法观测二氧化碳通量的结果要进行合理订正, 要全面考虑箱内小环境的变化对二氧化碳产生与消耗过程的影响。

参 考 文 献

- 1 Mosier, A. R., Gas flux measurement techniques with special reference to techniques suitable for measurements over large ecologically uniform areas, in: *Soil and the Greenhouse Effect* (ed. A. F. Bouwman), John Wiley and Sons, London, 1990, 289~301.
- 2 王庚辰, 陆地生态系统温室气体排放(吸收)测量方法简评, 气候与环境研究, 1997, 2(3), 251~263.
- 3 吕达仁、陈佐忠、王庚辰等, 内蒙古半干旱草原土壤—植被—大气相互作用——科学问题与实验计划概述, 气候与环境研究, 1997, 2(3), 199~209.
- 4 Mosier, A. R., D. S. Schimel, D. Valentine, K. Bronson and W. Parton, Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and native grasslands, *Nature*, 1991, 350, 330~332.
- 5 杜占池、杨宗贵, 羊草和大针茅光合生态系统特性的比较, 草原生态系统研究, 第二集, 北京: 科学出版社, 1988, 52~66.
- 6 杨宗贵、杜占池, 羊草和大针茅等草原植物的光合速率与水分关系的研究, 草原生态系统研究, 第二集, 北京: 科学出版社, 1988, 67~75.
- 7 戚秋慧、盛修武、李济尚, 内蒙古乌兰察布盟四子王旗羊草草原群落光合速率的比较研究, 草原生态系统, 第二集, 北京: 科学出版社, 1988, 75~81.
- 8 盛修武、戚秋慧、姜恕、金启宏、洪亮, 旱作人工草地不同种群光合速率季节动态的比较研究, 草原生态系统研究, 第二集, 北京: 科学出版社, 1988, 45~51.

A Study of Chamber Method for In-Site Measurements of Greenhouse Gase Emissions from Grassland

Du Rui, Wang Gengchen, Lu Daren, Kong Qinxin
Liu Guangren, Wan Xiaowei and Zhang Bin

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Wang Yanfen and Ji Baoming

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract Using closed chamber technique and gas chromatography, in-site measurements of N_2O , CH_4 and CO_2 greenhouse gas fluxes from grassland ecosystem were systematically conducted. Meanwhile, the outside and inside box air temperature, surface temperature and soil temperature of 10cm within the box were also measured in this paper, the scientific feasibility of the closed chamber technique for measurement of greenhouse gases fluxes from grassland ecosystem and the reliability of obtained results are analyzed and discussed.

Key words: closed chamber technique; gas chromatography; grassland soil; greenhouse gas flux