

# 不同长度 micro-lysimeters 对测定土壤蒸发的影响\*

孙宏勇<sup>1,2</sup>, 刘昌明<sup>1</sup>, 张喜英<sup>1</sup>, 张永强<sup>1</sup>, 沈彦俊<sup>1</sup>

(1 中国科学院石家庄农业现代化研究所, 河北 石家庄 050021; 2 中国科学院研究生院, 北京 100083)

**[摘要]** 研究了 5, 10, 15, 20, 25 cm 共 5 种不同长度处理和内壁有孔、内外壁均有孔 2 种处理由 PVC 管制成的 micro-lysimeters 对土壤蒸发的影响。结果表明: 降雨后 5, 10 cm 处理的土壤水分蒸发较快, 15, 20, 25 cm 处理的变化不明显, 可以利用 15 cm 长的 micro-lysimeters 测定土壤蒸发; 壁上有孔处理的蒸发要高于同样长度的无孔处理。

**[关键词]** micro-lysimeters; 土壤蒸发; 测定方法

**[中图分类号]** S152.7+3

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2003)04-0167-04

农田水分循环过程中土壤蒸发是非常重要的一个环节, 但是, 准确测定土壤蒸发是比较困难的。大型称重式蒸渗仪是测定土壤蒸发最普遍和直接的方法, 但价格昂贵, 水量平衡法也是测定方法之一, 但精确性较差。Micro-lysimeters (MLS) 是测定土壤蒸发既简单又非常有效的方法。MLS 可用于测定裸地土壤蒸发, 也可用于测定作物冠层下的土壤蒸发<sup>[1,2]</sup>。Boast 等<sup>[3]</sup>详尽介绍并分析了 MLS 的应用, 有研究指出土壤表面的蒸发能用 MLS 进行测定。MLS 是一种无扰动、封底、可移动的小型观测器皿, 把它垂直插入土壤中, 在不破坏土壤结构的情况下取出, 然后放入另外一个预先置于土壤中的管中, 使其表面与土壤表面持平, 然后定期称重, 两个时间内的重量差为土壤在这段时间内的蒸发量。但由于土壤水分的变化, MLS 中的土壤不能无限期的与大田土壤保持一致, 所以 MLS 的使用有一定的时间限制。在随后的研究中, 许多研究者相继使用了这种方法, 研究结果表明, 由 MLS 测得的土壤蒸发与大型称重式蒸渗仪、水量平衡法<sup>[1]</sup>和红外温度计法<sup>[4]</sup>测得的结果能很好吻合, 这表明 MLS 是测定土壤蒸发的一种有效方法。但在 MLS 的使用过程中仍然存在许多问题。Klocke 等<sup>[5]</sup>比较了玉米田中冠层下直径 15 cm, 长度 20 cm 的每周更换土体的 MLS 和直径为 7.6 cm, 长度为 6 cm 的每天更换土体的 MLS 的蒸发量变化, 结果表明, 大 MLS 比小 MLS 每天多蒸发 0.2 mm。这主要是由于小 MLS 内没有水分的流动和根的吸收作用。Shawcroft 等<sup>[6]</sup>首次考虑了影

响 MLS 测定结果的各项误差, 并提出更好地应用 MLS 的方法, 建立由 MLS 测到的土壤日蒸发与表层土壤含水量的关系, 再利用表层土壤含水量来推测土壤蒸发。Boast 等<sup>[3]</sup>, Shawcroft 等<sup>[6]</sup>发现 MLS 的长度对蒸发的测定有一定影响, 长度较小的 MLS 会造成土壤蒸发量的低估。Todd 等<sup>[7]</sup>研究了不同材料(钢管和 PVC 管)做成的 MLS 对蒸发的测定影响, 认为 PVC 管在热传导方面比钢管更接近大田实际。本试验通过测定降雨后不同处理的蒸发量, 大田土壤水分和 MLS 内土壤水分的变化, 然后进行数据分析, 研究不同长度 MLS 对测定土壤蒸发的影响, 找到适用的 MLS 的长度。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2001~2002 年在中国科学院栾城农业生态试验站进行。该站位于太行山山前平原, 东经 114°40', 北纬 37°30', 海拔 50.1 m, 为暖温带半湿润半干旱气候。该区光热资源丰富, 多年平均降水量 480.7 mm。土壤类型为褐土类, 质地为壤土。土壤容重 1.53 g/cm<sup>3</sup>, 饱和体积含水量为 44.1%, 田间体积持水量为 35.4%, 凋萎体积含水量为 13.2%。

### 1.2 方法

试验在田间裸地进行, 面积 30 m<sup>2</sup>。MLS 共有 7 个处理, 分别是长度为 5, 10, 15, 20, 25 cm 5 种处理和内壁有孔(K)、内外壁均有孔(DK) 2 种处理。壁上有孔处理为壁上设 12 个直径为 1.5 mm 的孔。每处

\* [收稿日期] 2002-09-02

[基金项目] 国家“863”项目(2001AA 241039); 中国科学院知识工程重要方向创新项目(KZCX-SW-317-02); 河北省科技攻关项目(01220703D)

[作者简介] 孙宏勇(1974-), 男, 河北冀州人, 在读硕士, 主要从事农田水文研究。

理 3 个重复,分东、中、西排列。

MLS 为 PVC 管,内径 10 cm,壁厚 5 mm。每次取土时,将其垂直压入土壤内,然后用塑料胶带封底,称重。每天傍晚用精度为 0.001 kg 的电子天平称重,2 d 内重量的差值为其蒸发量,MLS 内每 1 g 的重量变化相当于 0.127 mm 的水分蒸发量。为保证操作时不破坏附近土体结构,用内径为 12 cm 的 PVC 管做成外套,固定于土壤中,使其表面与附近土壤持平。降雨或灌溉后立即更换 MLS 中的原状土体。

测定项目: (1) 蒸发量,每天傍晚 18:30 左右对 MLS 称重; (2) 土壤含水量用烘干法测定,测定 MLS 内和附近大田 5, 10, 15, 20, 25 cm 5 个土壤深度的土壤水分量; (3) 气象数据由附近自动气象站测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理的蒸发量变化

04-22 降雨 5 mm, 降雨后立即更换 MLS 中的

表 1 不同长度 micro-lysimeters 降雨后蒸发量的变化

Table 1 The evaporation change of the different length MLS after rain

时间 Date	MLS				
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
2002-04-23	2.540	2.350	1.778	1.651	1.842
2002-04-24	1.524	1.524	1.270	1.334	1.451
2002-04-25	0.508	0.635	0.508	0.572	0.508
2002-04-26	0.508	0.889	0.550	0.508	0.635
2002-04-27	0.635	0.889	0.762	0.762	0.786

由图 1 可以看出,有孔处理的蒸发量在测定期间高于无孔处理。据 Evett 等报道<sup>[8]</sup>,在 PVC 管内的土壤表面温度明显低于周围土壤的表层温度。笔

士体,称重。由表 1 可以看出,在降雨后的前 2 d,蒸发量有明显下降的趋势。04-25 后基本上趋于平稳。5 cm 的 MLS 在降雨后第 1 天的蒸发量高于其他处理,而在后期又小于其他处理,最后 1 d 5 cm 处理的蒸发量平均为 0.635 mm, 低于 10, 15, 20 cm MLS 的 0.889, 0.762, 0.762 mm; 10 cm 的 MLS 在前期只略低于 5 cm 的蒸发量,在后期又明显的高于其他处理; 15, 20, 25 cm 的变化趋势基本上是一致的,只是 25 cm 的 MLS 在降雨后第 1 天蒸发量较小。作者认为,在气象条件一致的情况下,降雨后 5, 10 cm MLS 的蒸发量高于 15, 20, 25 cm 处理是由于降雨后重力的作用使水下渗,而 MLS 底部有胶带密封,使水分停留于 MLS 中不能下渗,上层土壤含水量增高引起。由于 5 cm 的 MLS 比 10 cm 的 MLS 短,所以在降雨后的第 1 天 5 cm 的 MLS 蒸发量最大,在后期 10 cm MLS 由于下层土壤水分含量仍然较高,并且距表层较近,很容易通过土壤毛细管运移到土壤表层,所以其蒸发量仍然较高。

者认为,有孔处理促进了 PVC 管内外的水热交换,所以有孔处理蒸发量较大,无孔处理蒸发量较小。

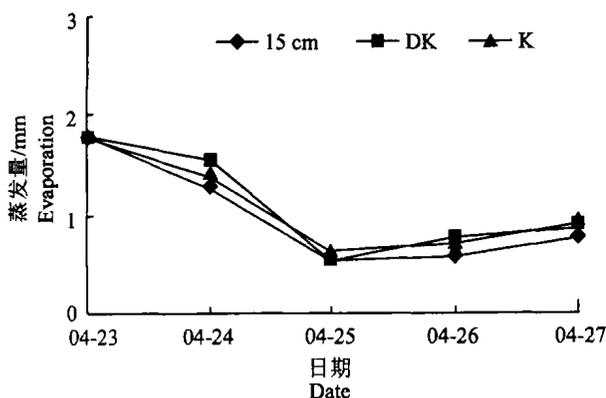


图 1 内壁有孔和两壁有孔降雨后的蒸发变化 DK, 内外壁均有孔; K, 内壁有孔

Fig 1 The change of the evaporation about the different micro-lysimeters

DK, K means the MLS with holes in the inside and outside walls and in the inside wall, respectively

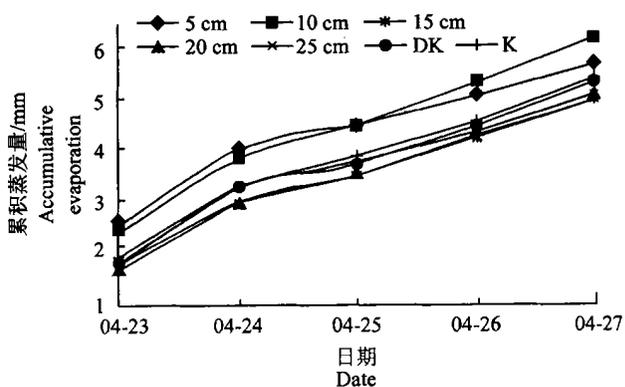


图 2 不同处理的累积蒸发量 DK, 内外壁均有孔; K, 内壁有孔

Fig 2 The cumulative evaporation of the different MLS

DK, K means the MLS with holes in the inside and outside walls and in the inside wall, respectively

### 2.2 不同处理累积蒸发量的变化

由图 2 可以看出, 5, 10 cm 处理在前期蒸发量较高, 5 cm 处理在后期蒸发量逐步减少。这主要是因为 MLS 内的土壤与外界隔离, 降雨后水分不能充分下渗, 水分集中在土壤中, 而蒸发主要集中在土壤表层土壤, 所以前期蒸发量较大, 后期土壤中水分减少, 蒸发量下降。从累积蒸发量来看, 10 cm 最大, 5 cm 次之, 15, 20, 25 cm 处理比较接近, 这说明可以利用 15 cm 处理测定土壤蒸发。累积蒸发量的不同主要是因为降水水分下渗到 MLS 内土壤底部, 而毛细管不能把深层的水分运输到土壤表层。但有孔处理的累积蒸发量均大于 15 cm 的累积蒸发量, 分别比 15 cm 的多出 0.317 5 和 0.444 5 mm。

### 2.3 土壤水分的变化

2.3.1 降雨对土壤水分的影响 05-06 降雨量为 5 mm, 降雨后立即取土测定 0~ 25 cm 每 5 cm 的土壤水分, 然后在 05-09 用同样方法测相同深度的土壤水分。由图 3 可以看出, 土壤含水量在 3 d 内的变化, 表层土壤含水量变化最大, 有明显的下降趋势, 而 20 cm 以下部分有增加的趋势, 说明土壤水分在 3 d 内已经下渗到 20 cm 以下。

2.3.2 MLS 内土壤水分与邻近土壤含水量的变化关系 05-06 更换土体后, 05-09 取土测定 MLS 内和邻近大田各层次相同深度的土壤水分, 然后进行显著性分析。由表 2 可知, 5 cm 处理的水分蒸发剧烈, MLS 内土壤水分含量与大田同等深度的土壤水

分含量呈极显著差异水平。10 cm 处理的呈显著差异水平, 这主要是因为 MLS 底部用塑料胶带封底, 水分集中在 MLS 底部。对其他 MLS 内表层 5 cm 的土壤含水量与邻近大田土壤含水量比较差异不显著, 这主要是因为水分能够下渗, 水分不集中在土壤表层。由表 2 还可见, MLS 内底层的土壤含水量与邻近大田的土壤含水量比较差异达显著水平。即胶带封底截断了 MLS 内外的水分流动, 水分下渗使 MLS 底层的土壤含水量增加。对于有孔的处理, 表层水分差异与邻近土壤含水量不显著, 而下层水分均显著, 10 cm 的水分差异与邻近土壤含水量显著主要是因为两个桶之间有一定的空隙, 促进桶内外的水热交换, 而底部的水分积聚主要是因为 MLS 封底引起的。

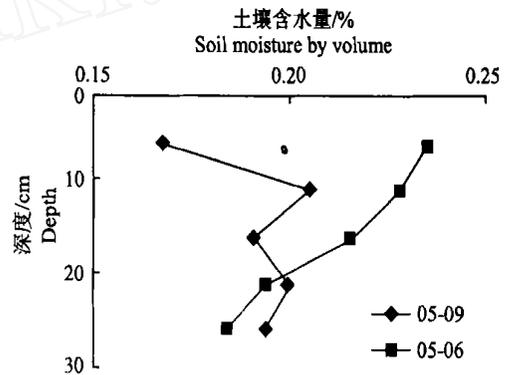


图 3 土壤含水量的变化

Fig. 3 The change of the soil water

表 2 MLS 内不同深度土壤水分与邻近土壤水分的显著性分析

Table 2 The significance of the soil water content between the field and insides the MLS

深度/cm	MLS					K	DK
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm		
5	***	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
10	—	***	Ns	Ns	Ns	*	*
15	—	—	**	**	Ns	*	*
20	—	—	—	***	Ns	—	—
25	—	—	—	—	**	—	—

注: \*\*\*, \*\*, \* 分别表示在 0.005, 0.01, 0.05 下达显著水平, Ns 表示没有达显著水平。

Note: \*\*\*, \*\*, \* means the significance at the different level 0.005, 0.01, 0.05 respectively, Ns means no significance

## 3 讨论

Micro-lysimeter 是一种有效的测定土壤蒸发的方法。但是不同长度的 MLS 对蒸发量有一定的影响。

(1) 5, 10 cm 处理在降雨后的几天内明显的增加蒸发量, 随着时间的推移又有降低土壤蒸发量的作用, 所以不能准确的测定土壤蒸发。

(2) 15, 20, 25 cm 的处理对蒸发的作用在 5 d 内

没有明显的变化, 其内部土壤含水量的变化与附近土体内相同深度的土壤含水量比较接近, 所以 15 cm 的 MLS 可用于测定土壤的蒸发。

(3) 从理论上分析, MLS 壁上有孔的处理因促进了 MLS 内外的水热交换, 与实际的蒸发更接近。

本试验是降雨后 5 d 内的变化, 所以只能说明一定的时间、环境气候条件下的情况。还应对不同天气气候条件下 MLS 的使用进行分析, 以确定不同 MLS 的精确性。

## [参考文献]

- [1] Allen S J. Measurement and estimation of evaporation from soil under sparse barley crops in northern Syria[J]. *Agric For Meteorol*, 1990, 49: 291- 309.
- [2] Walker G K. Measurement of evaporation from soil beneath crop canopies [J]. *Canadian J of Soil Sci*, 1983, 63: 137- 141.
- [3] Boast C W, Robertson T M. A "micro-lysimeter" method for determining evaporation from a bare soil: description and laboratory evaluation[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1982, 46: 689- 696.
- [4] Mattheias, Salehi A D, Warrick A W. Bare soil evaporation near a surface point-source emitter[J]. *Agric Water Manage*, 1986, 11: 257- 277.
- [5] Klocke N L, Martin D L, Todd R W, et al. Evaporation measurements and predictions from soils under crop canopies[J]. *Trans ASA E*, 1990, 33: 1590- 1596.
- [6] Shawcroft R W, Gardner H R. Direct evaporation from soil under a row crop canopy[J]. *Agric Meteorol*, 1983, 28: 229- 238.
- [7] Todd R W, Evett S R, Howell T A, et al. Soil temperature and water evaporation of small steel and plastic lysimeters replaced daily[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 2000, 165( 11): 890- 895.
- [8] Evett S R, Warrick, Mattheias A D. Wall material and capping effects on microlysimeters temperatures and evaporation[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1995, 59(2): 329- 336.

## Effects of the different length micro-lysimeters on the evaporation

SUN Hong-yong<sup>1,2</sup>, LIU Chang-ming<sup>1</sup>, ZHANG Xi-ying<sup>1</sup>, ZHANG Yong-qiang<sup>1</sup>, SHEN Yan-jun<sup>1</sup>

(1 Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization of CA S, Shijiazhuang, Hebei 050021, China;

2 The postgraduate department of CA S, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In order to find the effects of different length micro-lysimeters on evaporation, we design different length MLS including 5, 10, 15, 20, 25 cm and some MLS which have holes on the wall. The result indicates the evaporation of the MLS of 5, 10 cm are faster than others at the beginning and the evaporation of MLS of 15, 20, 25 cm are similar, so we can use micro-lysimeters of 15 cm length to measure the soil evaporation. We also found the evaporation of MLS with the holes are higher than the same depth MLS without holes on the wall.

**Key words:** micro-lysimeters; soil evaporation; measurement approaches