

微滴式农田蒸散器的研制*

谢传宁 陈文军 简慰民

(南京气象学院)

摘要 首先介绍微滴式旱田和水田蒸散器的结构和原理,并与原旱田蒸散器进行了比较,讨论了仪器的性能。

关键词 微滴法,农田蒸散,蒸散器

农田蒸散的研究与确定是农业气象学的一个重要课题,在地理、水文和农业等部门都受到广泛的重视。农田蒸散对农业生产关系密切,作物的需水与灌溉,土壤水分短缺与干旱等问题,都需要通过对蒸散、蒸发的试验来解决。目前我国的大部分气象台站使用小型蒸发器观测蒸发量,由于其面积小,且是水面,无法代表农田蒸散。国家虽然在一些重点试验站有大型的蒸发蒸散池,但仅靠这几个重点试验基地,又很难获得大面积系统的观测资料。很显然,仅仅依靠计算^[1,2],结果也无法检验。故有必要研制出一种较合理可行的农田蒸散器,用于旱田和水田的蒸散观测。根据我国农业气象“85”发展纲要精神,我们承担了国家气象局“短平快”课题,研制和改进农田蒸散器并应用于水田蒸散观测。

1 结构与原理

1.1 结构

整套仪器由蒸发器、加水室、供水筒、溢流筒和雨量筒组成。1987年我院农气研究室从内蒙气象局引进了两台自动供水土壤蒸发器,在本院试验站进行连续两个年度的观测,发现该仪器观测简便,精度尚可。但也存在着不少问题:(1)由于自动供水,土壤蒸发器去掉了原蒸发器中的竖井,遇到降水(特别是较大降水)时,多余水分就不能及时溢流而外溢,严重影响观测精度。(2)原仪器浮子室框架由生铁铸造,易碎裂,经常因没有备件及时更换而造成观测中断。且浮子针易生水垢,和框架间摩擦力过大,有时浮子对水位下降不能很快地作出反应,以至浮子针不能及时脱离进水孔,使之供水。(3)仪器灵敏度差。由于没有竖井,蒸散器钢板上下层水份交换不畅,特别是观测后期,土壤颗粒等杂质逐渐进入,将棕片与钢板孔隙堵塞,严重时甚至会将溢流管堵塞,造成雨后蒸散器内土壤长时间过饱和,以至在连续晴天气温较高下,观测不到蒸散量。针对上述问题,我们对加水室进行了彻底改进,在蒸散器中增加了竖井。图 1a 是旱田蒸散器结构。

* 本文得到国家气象局“短平快”课题基金资助。本院 91 届农业气象专业学生吴嵩参加了部分工作。
收稿日期:1992-01-16

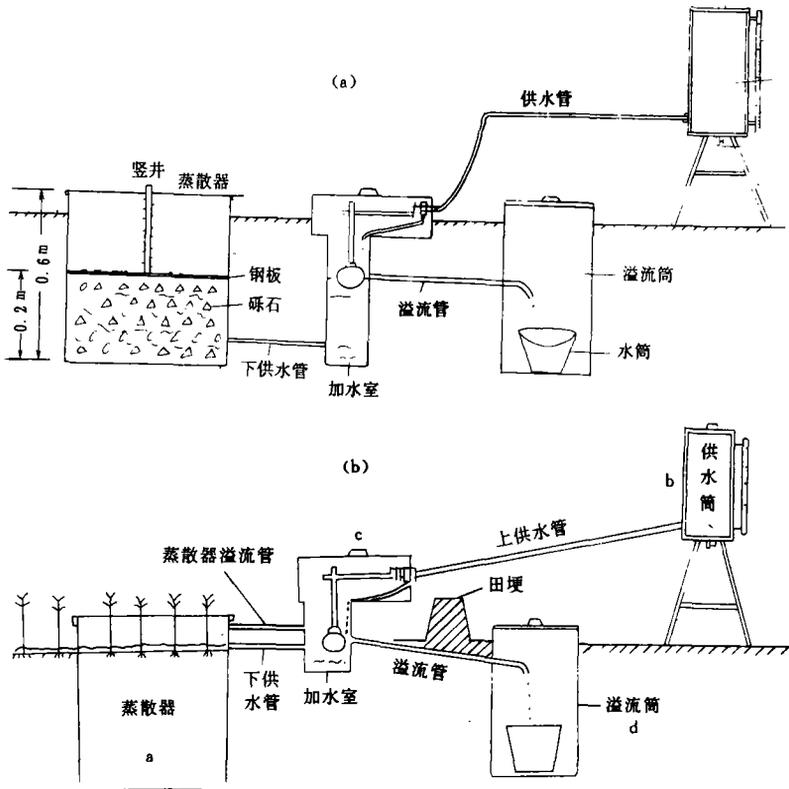


图1 微滴式农田蒸散器结构 (a)旱田 (b)水田

蒸散器 蒸散面积 0.3m^2 , 高 0.6m 的有底圆筒。距底 0.2m 处架一有孔圆钢板, 下面填砾石, 钢板中央竖一 0.4m 竖井, 并与下供水管相通, 在降水比较大的情况下, 雨水能及时通过竖井和下供水管流到溢流筒中, 不至于因降水过大而外溢, 影响蒸散值。

供水筒 供水筒内径 19.55cm , 高 0.5m , 内外筒之间为隔热层, 侧面有水位管, 下部有放水阀(用于清洗供水筒放水用), 并有供水管和加水室连通。

加水室 上部为长 40cm 、宽 30cm 、高 20cm 的长方体, 下部为一直径 16cm 的圆筒, 高 60cm 。上部距上沿 5cm 处有一进水器固定在侧壁上, 通过上供水管与供水筒连接。进水器另一端通过连杆和浮球连接, 连杆两头有粗调和微调, 以调整加水室水位。下部有下供水管和溢流管分别和蒸散器、溢流筒连接。

溢流筒 圆筒直径 27.6cm , 高 70cm , 有盖, 侧面有溢流管与加水室相连通, 内有接水筒。

雨量筒 用来测定蒸散器内降水, 安装在蒸散器附近, 周围避免有植物遮雨。

水田蒸散器和旱田蒸散器结构基本上一样。加水室和蒸散器安装位置和旱田蒸散器不同(见图1b)。该仪器可测水田蒸散和水面蒸发。和用 E601 蒸发器^[3]观测水田蒸散比较, 其主要优点是观测时不必下水田, 所测数据不必进行株茎修正。

1.2 原理

微滴式农田蒸散器的蒸散器和加水室由导管连通。两者的水位在任一时间都保持同一水平面上。旱田测潜水位, 水田测水层水位。供水是根据阿基米德浮力定律, 采用微滴法来补

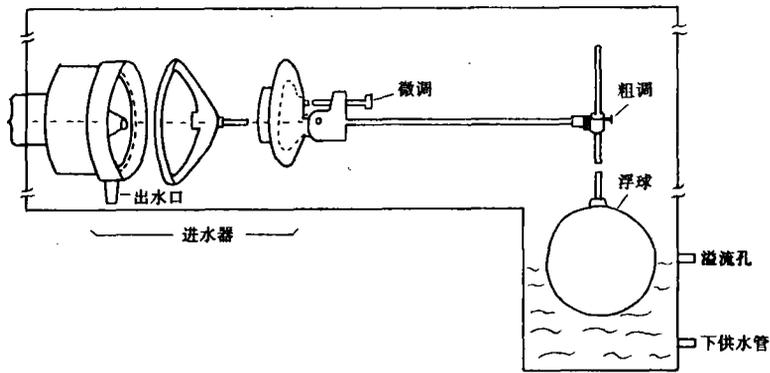


图2 加水室结构示意图

充水分。

加水室 加水室结构见图2,上部筒壁有一进水器,一端有供水管和供水筒连接,下部有下供水管和溢流孔分别和蒸散器、溢流管相接。微滴法测量原理:按日蒸散量的大小,调整加水室微调,使加水器按照一定流量进行微滴,补充蒸散器内蒸散的水分,当蒸散量大于微滴供水量时,加水室水位因补充蒸散器内蒸散的水分而下降,浮球随之下降,从而使供水速度加大直到保持原水位,供水量可从水位管上读得。当蒸散速度小于供水速度和降雨时,多余水分通过溢流管流入溢流筒内,溢流量可用量杯测得。

原仪器的最小启动量为0.6mm,一般浮球式加水器只有等加水室内水位下降到一定位置时才开始供水。而机械装置的供水都存在着供水最小启动量问题,由此而使供水滞后。蒸散器内蒸散的水分不能及时得到补充,影响观测精度。仪器灵敏度差,所测短时段蒸散值不能反映实际蒸散,从而影响资料的使用研究范围。采用微滴法,较好地解决了最小供水启动量问题,它能随蒸散而及时供水,提高了观测精度,仪器有较好的灵敏度,克服了供水滞后的问题,能很好地反映日蒸散变化规律。

蒸散量 供水筒的面积为蒸散器面积的十分之一,即供水筒水位差的“cm”数,正好等于蒸散量的“mm”数。一般情况下,蒸散量 $E = A + X - Q \pm \Delta W$ 。式中 A 为供水量、 X 为降水量、 Q 为溢流量、 ΔW 为器内土壤蓄水量的变化,减小为正,增加为负。若每日定时观测,使 $\Delta W \approx 0$,则 $E = A + x - Q$ 。

2 仪器的性能

2.1 新旧仪器灵敏度的对比分析

加水室最小供水启动量的大小直接影响观测精度,我们希望最小供水启动量越小越好,使供水速度接近蒸散速度。原仪器浮球小,有时因机械原因,浮力作用小于摩擦作用,对水位上升反应不敏感,且不能严密地阻塞进水孔。表1是1988年5月中旬的一些观测资料。由表可见5月12—18日基本是晴天,几乎没有蒸散,在实际中,显然是不可能的,这时水分供给主要靠降水。短时段逐日蒸散值不能代表实际蒸散。

如前所述,如何解决加水室最小供水启动量,将是直接影响观测精度的难题。而现有仪器基本是机械结构,也较难解决最小供水启动量的问题。如果用电子控制,可较好解决此问题,但造价昂贵。从我国国情来说,也不易在台站大面积推广。在现有机机械装置结构的条件下,通过

表 1 1988 年 5 月中旬蒸散等项目实测值

日 期	12	13	14	15	16	17	18
降水量(mm)	/	/	/	/	/	/	/
溢流量(mm)	/	/	/	/	/	/	/
蒸散量(mm)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
气温(℃)	17.5	19.2	18.0	18.9	21.7	23.4	25.0

实践摸索和观测,我们提出了微滴法供水,较好地解决了最小供水启动量的问题,使供水速度尽可能接近蒸散速度,从而提高了观测精度,能较好地反映逐日蒸散量。我们于 10 月 7 日在绿豆地里用此法从上午 8 时至晚上 20 时进行了 12 小时的连续观测,其中 10 月 7 日平均气温为 19.5℃,相对湿度 69%,风速 1m/s,日照时数 8.6h(结果见图 3)。由图可见,采用此法测得的蒸散量的值,具有显著的日变化特征,较接近实际农田蒸散量。如此项观测能和其他项目如光合强度、呼吸强度、土壤湿度等同步观测,就能为研究蒸散与光合、呼吸作用等基本生理过程的关系提供分析资料。

2.2 新旧仪器观测资料的对比分析

改进后的仪器于 4 月上旬埋入有原仪器的小麦田中。并进行了对比观测,表 2 是 5 月份的

表 2 1991 年 5 月新旧仪器蒸散实测值(91.5.1—91.5.31)

项 目	仪 器	
	改进后仪器	原仪器
月合计	88.5(mm)	87.5(mm)
月平均	2.9(mm)	2.8(mm)

农田蒸散量。由表可见,它们长时间总蒸散量和日平均值还是相当接近的。新仪器的蒸散日测值随着每日平均气温、相对湿度、日照时数等天气条件的不同而发生变化,序列平稳,而原仪器由于浮子针生水垢,进水孔经常被卡死,我们只好采取定时加水补充水分,日蒸散值随天气条件的不同而发生变化的序列不太稳定。利用表 3 资料把新旧仪器蒸散值作一比较,由表 4 可见原仪器日蒸散值序列变异数大于改进后仪器的变异数。原仪器日蒸散值序列很不稳定,变异大;改进后仪器测值变异数相对小,序列较平稳。由于我院没有大型蒸散蒸发池,我们难以和标准蒸散进行比较。但在一定的作物生长发育期或一段时间内,农田蒸散和水面蒸发应有密切关系。我们用 E601 蒸发器观测的日蒸发量和新旧仪器观测的日蒸散量进行了比较。表 5 是用 1991 年 5 月 9—17 日观测的日蒸散(发)值算得的相关系数。由表 5 可看出改进后的仪器效果较好,优于原仪器,基本上可满足逐日蒸散测定的需要。

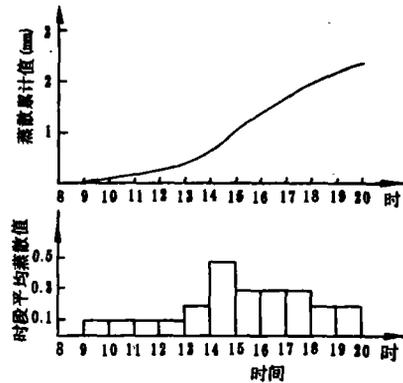


图 3 1991 年 10 月 7 日蒸散累计值随时间变化、时段平均蒸散随时间变化图

表 3 1991 年 5 月 5—19 日新旧仪器实测值

	日 期																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
原仪器蒸散(mm)	11.8	-1.2	2.9	-0.3	1.8	2.2	0.4	0.0	5.0	4.8	0.1	6.6	7.8	18.0	0.6				
改进后仪器蒸散(mm)	10.1	-0.5	2.7	0.5	2.7	3.0	1.4	1.5	3.0	3.3	4.0	4.6	3.8	13.2	-1.4				
E ₆₀₁ 蒸发(mm)	0.4	1.9	0.2	1.5	3.7	3.8	1.9	1.8	4.3	3.3	4.6	4.9	4.9	2.2	2.9				
气温(°C)	11.8	13.0	13.2	17.1	19.7	21.5	18.4	20.1	21.2	22.4	23.4	23.3	22.4	23.1	22.1				
相对湿度(%)	91	88	92	78	64	58	60	81	73	73	66	54	58	69	91				
日照射数(h)	0.0	1.9	0.0	5.9	10.6	10.2	0.0	5.3	10.6	10.9	10.9	11.4	11.1	5.9	0.0				

表 4 新旧仪器蒸散值序列变异数比较

变异数	平均值(\bar{x})	全 距(R)	平均偏差(D)	相对平均变率(V)	均方差(σ)
原仪器	4.1	19.2	4.0	0.98	5.04
改进后仪器	3.5	14.6	2.5	0.71	3.25

表 5 1991 年 5 月 9—17 日的资料算得的相关系数

仪器名称	改进后仪器	原仪器
相关系数 R	0.94	0.61

2.3 加竖井的效果分析

原仪器没有竖井,遇较大降雨时,多余水分不能及时溢流而外溢,从而影响观测精度。加竖井后的仪器,这种情况就不再发生了。没有竖井,蒸散器内钢板上下层水分交换不畅,随着时间延长,土壤颗粒等杂质逐渐将棕片与钢板孔隙阻塞,在较大降雨停止后,连续几天仍有溢流产生,而使降雨当天值偏大,其后几天偏小,蒸散值见表 6。由表 6 可见在降水停止后连续 5 天仍

表 6 1988 年 5 月、8 月部分实测值

日 期	5 月	19	20	21	22	23	8 月	20	21	22	23	24	25
降水量(mm)	79.1	/	5.1	5.1	/	/	13.6	/	/	/	/	/	0.0
溢流量(mm)	/	13.3	/	1.0	/	/	3.9	1.9	1.5	2.2	1.8	0.2	
蒸散量(mm)	78.6	-13.3	5.1	4.0	0.0		13.9	3.5	0.2	1.1	1.3	1.4	
气温(°C)	22.2	19.6	17.9	20.4	22.1		25.4	25.7	25.0	25.0	24.9	24.9	

有溢流,说明雨水在较长一段时间内,仍积蓄在蒸散器中,造成水分过饱和。表 7 是改进后仪器的实测值,由表 7 可见,虽然也存在上述情况,但雨水造成的滞后时间明显缩短,所以有无竖井对仪器本身性能的影响还是比较大的。

表 7 1991 年 5 月部分实测值

日 期	5	6	7	8	9	10
降水量(mm)	13.7	0.2	3.3	/	0.0	/
溢流量(mm)	4.1	/	0.9	/	/	/
蒸散量(mm)	9.6	0.0	3.0	0.5	2.7	3.1

2.4 温度及降雨对仪器性能的影响

白天,土壤温度升高,土壤水分吸力降低,使一部分较粗毛管水排出,下渗补充地下水,因而地下水位稍有升高;晚上降温时,水分吸力增加,土壤吸收地下水,地下水位稍有下降,或引起供水。

为了减小供水筒内温度变幅,在筒外加塑料泡沫石棉保温层。据测定,在水位较高时,筒内的气温变化相当于蒸散器内 5cm 的地温变化。因为玻璃水位管暴露在外面,管中水量又小,因此刻度管水位与供水筒内水位比较,白天偏高,晚上偏低。

大雨后,因积蓄在蒸散器土壤中的降水有入渗的滞后影响,因而大雨时,当天的蒸散量偏大,而后两三天的蒸散量又偏小,还可出现负值。如果按月或按作物整个生育期统计蒸散记录,这种误差会得到有效的消除,不失蒸散值精度。如果要取得日蒸散值,a 可采取雨前雨后加测,分段计算蒸散量,降雨期间的蒸散量忽略不计;b 加防雨罩,当有降雨时,将雨罩罩在蒸散器上,降水过后再把雨罩移开,计算时,降雨量不计。这样不存在入渗的滞后影响。我们在小麦田作了上述试验,效果很好(见表 8 和图 4)。

表 8 器 1、器 2 降雨时段蒸散对比实测值(1991 年 9 月)

日 期	23	24	25	26	27	28	29
降雨(mm)	0.3	42.2	31.3	4.5	/	/	/
器 1 不加罩(mm)	3.9	9.7	1.1	-2.9	3.1	2.6	4.2
器 2 加雨罩(mm)	3.9	2.4	0.6	0.5	5.0	3.6	4.7

微滴式农田蒸散器有些问题还有待进一步改进。主要是降雨时因雨量过大时,溢流筒接水筒容积有限,多余溢流量流出接水筒,降雨日蒸散量偏大还未能彻底解决。进入冬季供水筒水位管常因气温低而冻裂。

3 结论与讨论

1 微滴式农田蒸散器,采用微滴法进行加水补充蒸散器蒸散的水分,较好地解决了最小供水启动量的问题。且在旱田仪器中增加了竖井,使之能适应南方多雨地区使用。应用于水田观测,不必下水田,所测数据不必进行株茎修正。

2 仪器有较高的灵敏度,能较好反映短时段蒸散量。

3 该仪器测得的是作物需水量,如能求得蒸发力,可进一步确定作物系数(目前我国极感缺乏,多为国外资料)。

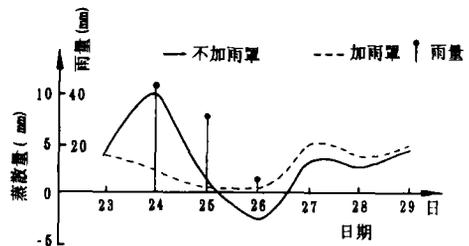


图 4 器 1 不加雨罩、器 2 加雨罩对比观测变化曲线

参 考 文 献

- 1 唐登银等.地理研究,1984,3(3),84-97
- 2 程天文等.地理集刊,1980,12:74-83
- 3 王积强.土壤,1982,14(2):147

A NEW TYPE OF TINY—DRIP FIELD LYSIMETER—STUDY AND MAKE

Xie Chuanning Chen Wenjun Jian Weimin
(Nanjing Institute of Meteorology)

Abstract The structure and working principle of a new type of lysimeter used in both paddy field and dry farmland are described and comparison is made between the type and the old dry farmland type. The functions of the new type are also discussed.

Key words tiny—drip method, field evapotranspiration, lysimeter