

盆钵土壤水分自动控制器

陈喜培

(浙江省农业科学院土壤肥料研究所 杭州 310021)

摘 要

介绍一种盆钵土壤水分控制装置的结构、功能、原理及使用方法。该装置既可将盆钵土壤维持在某一特定的湿度，也可对土壤进行定量灌水、还可随时读取灌水量，在测定土壤蒸发量、植物蒸腾量，研究土壤水分运动、植物耗水规律方面有很大作用。

关键词 盆钵土壤；水分控制器

目前对盆钵土壤水分蒸发和盆栽植物水分蒸腾量的测定，通常要由人工每天定时、定量浇水称量，不但劳动强度大，而且精确度不高。澳大利亚曾研制了一种盆钵土壤水分维持装置，它是利用吸水绳将水从盆钵底部吸进土壤，并通过调节吸水绳的长度来控制土壤含水量^[1]。该装置的缺点是调整麻烦，且每周要更换一次吸水绳，功能也比较单一。本文介绍的盆钵土壤水分控制器材可以方便地调节和控制土壤含水量及加水量。实现了自动控制、水表计量功用，并具有操作方便、调节灵活等特点。

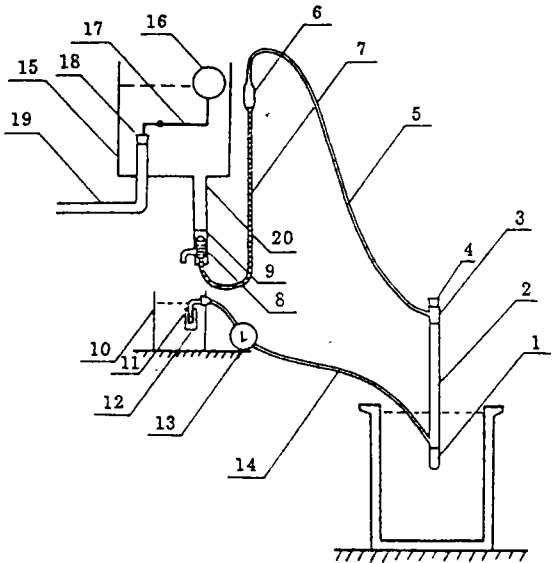
1 结构、组成和功能

该装置是在现有测定土壤水分的张力计的基础上演进发展而来的，由陶土管、硬塑管、集气管、负压导管、水银柱、水箱、进水控制开关、加水器及水表等部分组成(图1)。

(1) 陶土管、硬塑管、集气管

陶土管是由陶土制成的下头封闭、上头开口的中空管，管壁透水不透气，陶土管内负压和土壤吸力大小决定水分运动方向。

硬塑管为一中空的硬质塑料管。下头接在陶土管上，上头与集气管相接。



1、陶土管 2、硬塑管 3、集气管 4、橡皮塞 5、负压导管 6、缓冲管 7、水银柱 8、乳胶囊 9、三通管 10、加水器 11、r形管 12、橡胶管 13、水表 14、出水管 15、水箱 16、浮力球 17、连动杆 18、进水阀 19、自来水管 20、水箱出水管

图1 盆钵土壤水分自动控制器示意图

集气管为一透明三通管，下头与硬塑管相接，上头开口加一橡皮塞，以便去除空气，侧口接负压导管。

以上三管及以下的负压导管、缓冲管都充满无气水，且彼此都密封相接。

(2) 负压导管、缓冲管及水银柱

负压导管和水银柱管用内径3—4mm的透明硬壁软管，水银柱管内充满水银，一头由一可以胀缩的乳胶囊头封装，另一头接缓冲管下头。水银柱管呈U形，两边可调的最大水银柱高差应不小于650mm。缓冲管为一内径较大的玻璃管，上口与负压导管相接。它的作用一方面防止水银在意外情况下负压导管吸入集气管，另一方面可以在水银上升或回落很小高度（压力变化很小）的情况下使进水开关作最大的动作，从而提高灵敏度。

(3) 贮水器

贮水器为一能够保持水面位置不变的贮水箱，它可以保持恒定的水压。

(4) 进水开关

将乳胶囊头从三通管下头紧密封装于三通管内，与三通管共同形成进水开关。三通管上头与一贮水箱出水管相连，三通管的侧口伸向加水器。

(5) 加水器

加水器包括贮水容器和r形通管。r形通管上头从里向外安装在贮水容器靠上口的壁上。r形通管下头接一管套，管套可以上下拉伸以调节虹吸出水停止的位置，从而可大致确定加水量。

(6) 出水管及水表

r形通管外口接出水管，出水管中接一水表。水表不能用普通自来水水表，而要用精度较高（达到1ml）的工业用水表或油量表代替。

2 工作原理

该装置是在现有测定土壤水的张力计的基础上演进发展而来的，根据陶土管透水不透气的原理而制作。当充水的陶土管置于土壤时，土壤在干燥过程中吸水，陶土管则失水产生负压。当负压增大到一定程度并抵消U形水银柱两边高差产生的对乳胶囊头施加的一个既定压力时，囊头就会内吸收缩。从而使原来紧密套接于囊头外面的三通管导通，实现加水。

土壤湿润以后，土水势降低，陶土管内的负压大于土壤的吸力，陶土管又从土壤吸水，管内负压也降低，乳胶囊头膨胀复原，三通管堵塞，加水停止。

乳胶囊头所受的既定压力由土壤需要灌水时的土水势决定。土壤越干燥，所需调节的U形水银柱高差也越大，乳胶囊头所受的压力也越大。反之则越小。

3 使用方法与步骤

(1) 确定土水势

首先根据要求确定土壤需要保持的含水量值，并且先要测定该土壤的水分特征曲线，并根据特征曲线的脱水线，查出该含水量所对应的土水势，并以水银柱高表示。

(2) 安装

将装置如图1安装好，各部件要进行固定，并检查是否有漏气现象。陶土管埋于最能代表土壤平均含水量处，一般可埋于土壤中部。出水管下头要安置于陶土管上方。

(3) 确定基准线

由于从水箱水面到乳胶囊头的这一段水柱有压力, 乳胶囊头也有一定的弹性, 因此在调节所需确定的水银柱高差之前, 必须先使两边的压力处于一种初始的平衡状态。调节的方法是: 将缓冲管与负压导管分开, 调节U形管两边水银柱的高差, 使进水开关处于刚要出水又没出水的临界状态, 标下U形管接在缓冲管一侧的水银柱面所处的位置即为基准线的位置。

(4) 调节水银柱高差

将缓冲管与负压导管接回, 将U形管靠缓冲管一侧的水银柱上提, 使得水银柱面与平衡基准线的高差等于所需保持的土壤湿度下的土水势值(汞柱)。

(5) 加水过程

当土壤干燥时, 管中的水被土壤吸走, 产生负压, 并逐渐增大。当负压大于预先调好的水银柱高差时, 三通管导通, 加水。当水满到r形管上口时, 水就受虹吸作用从加水器流出, 经出水管、水表流入钵钵土壤。由于出水管口置于陶土管上方, 水一流出就被陶土管吸收, 陶土管吸水后管内负压下降, 水银回落, 囊头鼓胀, 三通管关闭, 完成一次加水过程。精确的加水量可由水表读出。

4 使用中的几个问题

(1) 适用范围

由于陶土管能耐的最大负压为650mm汞柱($8.7 \times 10^4 \text{Pa}$), 因此, 本装置无法保持吸力大于650mm汞柱的土壤湿度。以容积含水量计, 粘土降到35%左右、壤土降到15%左右、砂性土降到10%以下时, 土壤吸力开始达到 $8.7 \times 10^4 \text{Pa}$ 以上。通常作物有效水范围的pF在1.8—3.8 (6.2×10^3 — $6.2 \times 10^5 \text{Pa}$)之间, 易效水范围的pF在1.8—2.7 (6.2×10^3 — $4.9 \times 10^4 \text{Pa}$)之间^[2], 而本装置所能控制的范围在田间持水量 $6.2 \times 10^3 \text{Pa}$ 到 $8.7 \times 10^4 \text{Pa}$ 之间。该范围包括了作物所能利用的全部易效水范围和部分难效水范围, 因此本装置有较大实用性。

(2) 用作定量加水与用作水分维持装置的改变

如图1所示的装置适用于定量加水, 在土壤含水量降到下限值时, 装置启动, 加水进行, 加完水土壤含水量达到上限。如果要含水量维持在某一稳定的值, 则可将接在加水器上的出水管直接接到三通管的侧口上, 这时土壤吸力或管内负压与U形水银柱高差产生的压力总是处于相持状态。土壤水减少, 负压就增大, 乳胶囊头收缩就有水流出, 水流一流出, 陶土管吸水, 负压降低, 乳胶囊头回弹, 开关关闭, 水流停止。因此, 土壤含水量总是维持在同一个水平。

(3) 加水器定量

根据土壤需要保持的湿度范围确定每次加水量。大致的加水量可以通过调节r形管上橡胶管的长短来确定, 并可由加水容器的横截面积与r形管与橡胶管合加的长度计算出。由于从定量加水器到三通管开关关闭需要一定的时间, 实际加水量要比计算值大, 因此, 要根据水表的值进行调整校正。

(4) 水箱共用

钵钵试验不会只一个钵钵, 使用该装置时需要每个钵钵都安装, 但是水箱可以共用。将

水箱出水管拉长, 接到每个三通开关管的进水口上, 就实现了水箱共用。

参 考 文 献

- [1] J. Toth等(莫治雄译), 使盆钵土壤维持一定水分状况的简单方法, 土壤学进展, 1992, 20 (2): 39—41。
 [2] (日)三好洋, 丹原一宽著(周顺行等译), 土壤物理性状与土壤诊断, 农业出版社, 1986, 27页。

(上接第163页)

- [17] Turner, F. T. and J. W. Gillam, *Plant and soil*, 1976, 45: 353-363.
 [18] Curtin, D., et al., *J. soil sci.*, 1987, 38: 711-716.
 [19] Krause, H. H., et al., *Can. J. Soil sci.*, 1987, 67: 943-952.
 [20] Qian, P. and J. J. Schoenau, *Fert. Res.*, 1995, (in press)
 [21] Qian, P., et al., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1992, 23: 1791-1804.
 [22] Reith, J. W. S., et al., *Fert. res.*, 1987, 11: 123-142.
 [23] Raj, B. Van, et al., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1986, 23: 1791-1804.
 [24] Skogley, E. O. and B. E. Schaff, *Soil sci. soc. am. j.*, 1985, 49: 847-850.
 [25] Somasiri, L. L. et al., *Analyst.*, 1991, 116: 601-603.
 [26] Skogley, E. O., *Soil sci.*, 1966, 102: 167-172.
 [27] Skogley, E. O., *Agron. j.*, 1969, 61: 317-322.
 [28] Skogley, E. O., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1992, 23: 2225-2246.
 [29] Skogley, E. O., et al., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1990, 21: 1229-1243.
 [30] Skogley, E. O., et al., *Plant and soil*, 1969, 30: 343-359.
 [31] Yang, J. W., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1990a, 54: 1639-1645.
 [32] Yang, J. E., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1990b, 54: 1646-1650.
 [33] Yang, J. E., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1991a, 55: 1358-1365.
 [34] Yang, J. E., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1991b, 55: 762-767.
 [35] Yang, J. E., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1992, 56: 408-414.
 [36] Dobermann, A. H., et al., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1994, 25: 1329-1353.
 [37] Li, M. Z., et al., *J. envir. qual.*, 1993, 22: 715-722.
 [38] Montagne, C. and E. O. Skogley, Burned-unburned resin extractor soil nutrient comparison: final report (mimeo, plant and soil sci. dep., montana state uni.) to USDA national park service. manmoth, WY, 1992.
 [39] 钱佩源, E. O. Skogley, *植物营养与肥科学报*, 1995, 1 (2).
 [40] Schoenau, J. J. et al., *Proceedings of the soils and crops*, pp. 392-400, University of Saskatchewan, Canada, 1993.
 [41] Cooperband, L. R. and T. J. Logan, *Soil sci. soc. am. j.*, 1994, 58: 105-114.
 [42] Qian, P., J. J. Schoenau, L. et al., *Assessing nutrient availability variations in landscapes*, proceedings of the soils and crops. pp. 274-279, Uni. of Saskatchewan, Canada, 1994.
 [43] Carr, P. M. et al., *J. prod. agric.*, 1991, 4: 57-61.