

文章编号: 0254-0096(2002)06-0721-04

土壤温度和水分日变化实验

范爱武, 刘 伟, 王崇琦

(华中科技大学能源与动力工程学院, 武汉 430074)

摘 要: 在露天和温室两种条件下, 对 200mm×50mm(高×半径)的土壤床中温度和水分的变化规律进行了实验研究。结果表明: 1) 土壤温度随着太阳辐射和大气温度的周期性变化而呈现出周期性变化, 随着深度的增加, 温度变化的滞后效应越明显; 2) 夏天的白天大部分时间中, 土壤浅层的温度高于深层的温度; 从下午的某个时间至第二天日出, 这种现象则相反; 3) 云层夺太阳幅射的阻挡, 对土壤表层的温度有较大的影响, 而对较深处影响不大; 4) 由于有遮阳设施, 温度中土壤的最高温度要比露天情况下低; 5) 从傍晚开始, 土壤中的水蒸汽出现冷凝, 浅层土壤中水蒸汽开始冷凝的时间比深层早, 露天下土壤中水蒸汽的冷凝现象比温室中更明显。

关键词: 土壤床; 温度; 水分; 日变化; 温室

中图分类号: TK124

文献标识码: A

0 引 言

温度和水分是土壤的两大重要肥力因素。关于土壤中温度和水分的迁移规律, 很多学者进行了研究^[1, 2, 3]。土壤中的一切生命活动和化学过程, 如有机质的分解、矿物质的风化、养分的转化等都伴随着热量的吸收和释放。土壤温度直接影响着作物的生长发育, 同时也影响土壤微生物的活动。

土壤热量主要来自太阳辐射, 因而随着各个时期太阳辐射情况的变化, 土壤对太阳辐射的吸收和损失情况也不同。因而, 土温有昼夜和季节的变化。土温日变化的大小主要取决于辐射水平的日变化和土壤的热物理性质, 并受地面和大气间热量交换的影响。因此, 天气状况特别是云量、风、降水对土温日变化影响很大。

土壤水分是植物生活的基本条件。一般每制造一份植物干物质, 要消耗 300~500 份水分^[4]。由此可见, 植物对于水分的需要量是十分可观的。同时, 植物吸收养分必须有水分作为媒介。土壤水分还影响着土壤通气性和温度状况, 影响着土壤微生物的活动。所以, 土壤水分是土壤肥力因素中最活跃的因素, 能影响和制约其它肥力因素。

为了研究土壤温度和水分日变化的规律, 本文

于武汉的夏天(7月5日和7月9日)对高 200mm, 半径为 50mm 的圆柱形土壤床中的温度和水分进行了实验测量。温度测量分别选取 4cm, 10cm 和 16cm 处 3 点, 水分测量选取 4cm 和 16cm 处两点。实验从早上 7:30 开始, 第二天早上 7:30 结束。每小时测量一次数据。土壤床的周围和底部包覆保温层, 以尽可能减少环境与土壤床之间的换热, 只有上表面敞开。实验用的土壤床及测点布置如图 1 所示。

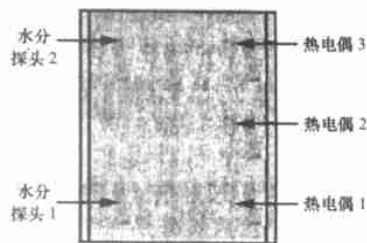


图 1 圆柱土壤床

Fig. 1 Cylindrical soil bed

土壤温度用铜-康铜热电偶测量, 土壤水分用澳大利亚 ICT 公司生产的 MP-406 水分探头测量, 太阳辐射强度用美国 EPPLEY LABORATORY 公司生产的 EPPLEY RADIOMETER 辐射仪测量, 大气和温室温度用水银温度计测量。

收稿日期: 2001-10-09

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(G2000026303); 国家自然科学基金(59976010); 教育部博士点专项基金(2000048731); 湖北省自然科学基金(99J038)资助。

1 露天土壤床实验

本文于7月5日在露天条件下进行了为期24h的土壤床实验。当时的天气情况为：晴天多云，东南风2~3级，空气相对湿度65%~85%。实验中记录了土壤温度、土壤水分含量、大气温度和太阳辐射强度4种参数，整理如图2至图5所示。

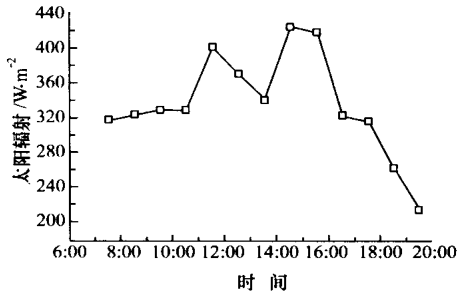


图2 太阳辐射强度

Fig. 2 Solar radiation intensity

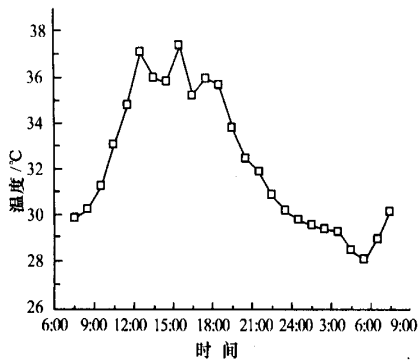


图3 大气温度

Fig. 3 Atmospheric temperature

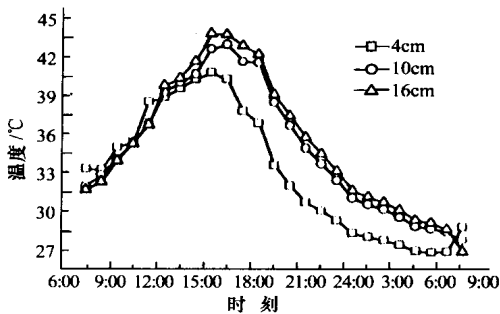


图4 土壤温度

Fig. 4 Soil temperature

从图2可以看出，太阳辐射强度分别在11:30和14:30出现了两个峰值，在这两个峰之间形成了一个谷，这是由于在这段时间内天空中出现了大片的云，遮住了太阳，使太阳辐射强度急剧下降。

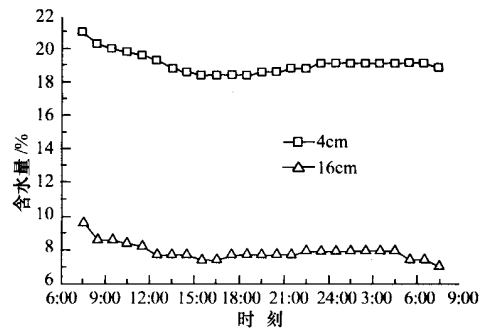


图5 土壤水分含量

Fig. 5 Soil water content

图3为大气温度变化曲线。同样可以看出，其变化规律与太阳辐射强度基本一致。但是，它的两个峰值分别出现在12:30和15:30，比太阳辐射强度的峰值均滞后1h。

土壤床中各点的温度变化取决于土壤床表面的传热传质情况以及土壤中各点水分的蒸发和冷凝状况。主要的影响因子有太阳辐射、大气温度、风速和空气湿度。从图4可以看出，土壤床中各点的温度从早上起开始升高，于15:30和16:30分左右达到最大值。然后，随着太阳辐射强度和气温的降低而逐渐降低。同时可以看到，4cm处的土壤温度要比10cm和16cm处的土壤温度提前1h达到最大值，即随着深度的增加，土壤温度变化的滞后性越来越大。而且，从7:30到13:30，4cm处的温度值比10cm处和16cm处的土壤温度要高，从13:30开始，10cm处和16cm处的土壤温度逐渐超过4cm处的温度值。这是由于随着时间的增加，热量由土壤表面慢慢地向深处传递，而土壤表面由于水分的蒸发制冷作用以及风的对流换热，使得其最高温度反而没有10cm处和16cm处的土壤温度值高。

图5为4cm处和16cm处的水分含量日变化曲线。两条曲线表明，白天的大部分时间，土壤中的水分处于不断蒸发中，含水量逐渐减少。而到了傍晚，土壤中的水蒸汽开始冷凝，含水量略有增加。同时，可以发现，4cm处土壤中水蒸汽于17:30开始出现冷凝，而16cm处于19:30才开始出现冷凝，滞后2h。

2 温室土壤床实验

本文于7月9日在小型实验温度中进行了为期24h的土壤床实验。温室顶部有遮阳设施，东西南

三面为玻璃, 北面为墙体。当时的天气情况为: 晴天, 东南风 2~3 级, 空气相对湿度 65%~85%。温室的相对湿度也控制在大气相对湿度的水平上。实验中记录了土壤温度、土壤水分含量、大气温度、温室温度和温室中的太阳辐射强度 5 种参数。整理如图 6 至图 9 所示。

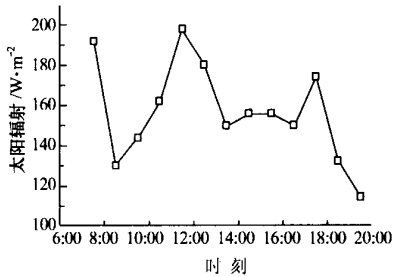


图 6 太阳辐射强度

Fig. 6 Solar radiation intensity

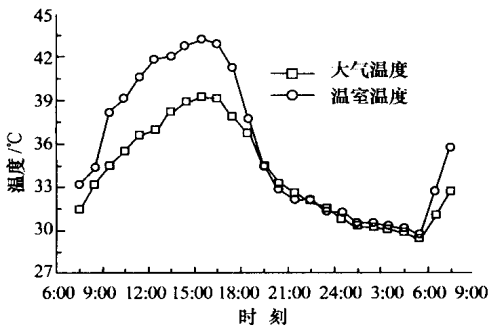


图 7 大气温度和温室温度

Fig. 7 Atmospheric temperature and greenhouse temperature

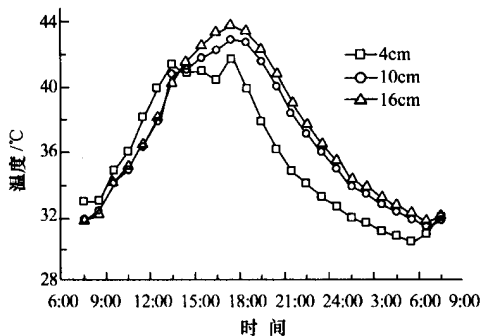


图 8 土壤温度

Fig. 8 Soil temperature

从图 6 可以看出, 温室中的太阳辐射强度与露天情况下有所不同, 曲线上出现了 3 个峰值, 分别对应于 7:30, 11:30 和 17:30。第 1 个时刻和第 3 个时刻, 太阳辐射分别从东面和西面的玻璃入射至土

壤床表面, 而正午时太阳处于直射状态, 虽然房顶装有遮阳设施, 但由于此时太阳辐射处于一天中最强烈的时刻, 穿过屋顶到达土壤床的太阳辐射仍然较多, 因此也出现了一个峰值。

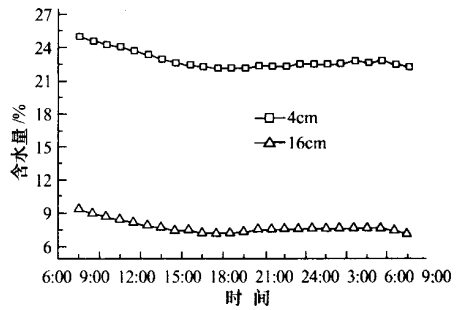


图 9 土壤水分含量

Fig. 9 Soil water content

图 7 为大气温度和温室温度的日变化曲线。从中可以看出, 白天温室温度明显高于大气温度 3~5℃, 这是温室效应的结果。如无遮荫和通风设施, 其差别还会更大。而在晚上, 二者基本相等。

温室土壤床 3 个测点的温度变化曲线如图 8 所示, 其总的规律与露天情况下基本一致。但仔细研究不难发现, 二者存在以下 3 点不同: 1) 温室土壤床中各测点的温度最大值出现在 17:30, 比露天情况晚了 1~2h, 这是由于温室效应以及其中的空气对流较弱所导致的结果; 2) 温室土壤床 4cm 处的温度值在 13:30 和 17:30 之间出现了一个比较平缓的波谷, 它对应于图 6 中温室获得的太阳辐射强度在 13:30 和 17:30 之间的那个波谷。由此可见, 遮荫设施对温室土壤床浅层的温度变化影响较大。而 10cm 处和 16cm 处的土壤温度则没有出现这种现象。3) 温室中土壤的最高温度要比露天情况下低。

从图 9 可以看出, 温室土壤床中各点的水分蒸发和水蒸汽的冷凝均没有露天情况下明显, 曲线变化比较平缓。这是由于遮荫作用, 温室土壤床所获得的太阳辐射水平远远低于露天情况。而且在露天情况下, 晚上的降温效果比较显著, 导致土壤中水蒸汽的冷凝现象较为明显。

3 结 论

通过以上对实验结果的分析, 我们可以得出以下结论:

1) 土壤温度随着太阳辐射和大气温度的周期性变化而呈现出周期性变化, 随着深度的增加, 温度

变化越来越滞后。

2) 实验条件下, 白天的大部分时间中, 土壤浅层的温度高于深层的温度; 从下午的某个时间至第2天日出, 这种现象则正好相反。

3) 云层对太阳辐射的阻挡, 使其对土壤表层的温度有较大的影响, 而对较深处影响不大。

4) 从傍晚开始, 土壤中的水蒸汽出现冷凝。浅层土壤中水蒸汽开始冷凝的时间比深层早, 露天土壤中水蒸汽的冷凝现象比温室中更明显。

[参考文献]

[1] Liu W, Zhao X X, Mizukami K. 2D numerical simula-

tion for simultaneous heat, water and gas migration in soil bed under different environmental conditions[J]. Heat and Mass Transfer, 1998, 34: 307—316.

[2] 赵绪新. 作物生长的热力系统理论与计算机仿真研究 [D]. 武汉: 华中理工大学博士论文, 1997.

[3] Norman J Rosenberg. Microclimate: The Biological Environment[M]. John wiley & Sons, 1974.

[4] 丘华昌, 陈明亮. 土壤学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE DAILY CHANGES OF SOIL TEMPERATURE AND WATER CONTENT

Fan Aiwu, Liu Wei, Wang Chongqi

(College of Energy and Power Engineering, Huazhong University of science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Experimental study on the daily changes of soil temperature and water content were conducted on a cylindrical soil bed. The results indicated that, 1) Soil temperature changes periodically with the periodical changing of the solar radiation and atmospheric temperature, and with the increasing of the depth, the period lags behind. 2) Soil temperature of the surface layer is higher than that of the deeper layer during the day time, but some time in the afternoon to the sunrise of the next day, this phenomenon is converse. 3) The cloud has a significant influence on the soil surface temperature, but a slight influence on that of the deeper layer. 4) The highest soil temperature in the greenhouse is lower than that in the open air owing to the overshadow equipment. 5) Water vapor in the soil bed begins to condense, and it is more distinct in the open-air condition than in the greenhouse. The time of the water vapor begins to condense in the surface layer is earlier than those in deeper layers.

Keywords: soil bed; temperature; water; daily change; greenhouse

联系人 E-mail: faw01@sina.com