

文章编号: 100226819(2001)0420034205

不同水分状况下桃树根茎液流变化规律研究

龚道枝¹, 王金平², 康绍忠¹, 胡笑涛¹, 张富仓¹, 李志军¹

(1. 西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室; 2. 河北省水利厅农水处)

摘要: 利用热脉冲技术研究桃树根茎液流变化规律, 并用自动气象站对气象因子进行同步监测。对液流日变化、日际变化及不同位点液流变化规律进行了研究, 还分析了水分胁迫下树干液流的波动特征。运用回归的方法建立环境气象因子与树干液流量之间的数量关系。其结果表明: 根茎液流日变化和日际变化趋势相同; 木质部内不同深度处液流速率大小不同; 水分胁迫下, 树干液流有波动特征; 气象因子与树干液流量之间的数量关系能很好地预测桃树的蒸腾耗水量。

关键词: 热脉冲技术; 液流; 水分胁迫; 变异特征

中图分类号: S365; S152.7⁺5 **文献标识码:** A

适时适量的水分和养分供给是保证果树优质高产的重要条件^[1]。但是, 只有预先知道果树的实际蒸腾耗水量才能做到适时适量。由于果树树体较大, 变异复杂, 冠层直接测定蒸腾非常不便。早期估算果树耗水量是采用快速称重法或通过盆栽试验来估算或依据经验公式计算耗水量, 一般认为这些方法可靠性低、适用性差^[2], 因为快速称重法很难把握称量的时间, 盆栽试验所得的结果很难反映野外条件, 经验公式是根据某一地区某一时期实测资料的总结, 也具有一定的局限性。近年来, 随着计算机技术和精密仪器制造业的飞速发展, 把计算机技术与热脉冲技术结合起来测定果树蒸腾耗水已成为重要的研究途径, 在研究果树水分传输理论中发挥着不可替代的作用。

热脉冲技术测定液流是给植物根茎液流进行标记并测定其运动速率, 从而间接地确定冠层蒸腾量, 是基于热补偿原理提出的^[3]。采用热脉冲技术测定液流能基本保持植物的自然生长条件而获得植物冠层耗水量即田间蒸腾量。研究果树根茎液流的时空变化规律可为该项技术测定果树蒸腾耗水提供理论基础。本文就有关内容进行了试验研究。

1 材料与方法

收稿日期: 2001201220 修订日期: 2001206220

基金项目: 1999011708 项目; 国家自然科学基金(39870478)

作者简介: 龚道枝, 硕士生, 陕西杨凌西农路 22 号 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 712100

1.1 试验地概况及试验处理

试验地位于西北农林科技大学节水灌溉试验站, 地理位置北纬 34°20', 东经 108°24', 海拔高度为 521 m, 气候为半干旱半湿润气候, 属渭河北三道台塬地区, 地下水埋深较深, 土壤质地为中壤, 其 1 m 土层内的田间持水率和平均干容重分别为 23.3% 和 1.44 g/cm³。试验地四周开阔。试验站内设有自动气象站。

供试材料为田间生长 7 年的油桃树, 选择树冠大小相似、高矮一致的 4 棵, 行距为 6 m, 株距为 4 m, 树冠直径都在 1.8~2.0 m 之间, 树高在 2.0~2.2 m 之间, 树干直径在 6.5~8.0 cm 之间。设两种水分处理即充分供水处理和水分胁迫处理, 每个处理取 2 棵树。试验时间为 2000 年 8 9 月份, 这期间降水较多, 故水分胁迫处理时需用塑料薄膜覆盖地面和人工灌水的方法来控制土壤含水率。

1.2 试验方法

对每个处理 2 棵桃树, 利用热脉冲技术测定的根茎木质部不同深度液流速率, 用液流传感器配套的分析软件处理测定数据, 自动地进行流速流量转换分析和损伤校正, 然后选取具有代表性的 1 棵树的结果, 分析根茎木质部液流量随时间的变化规律和根茎木质部液流速率的径向分布规律, 建立气象因子与液流的数量关系。

自动气象站与液流传感器同步记录气象因子: 太阳净辐射 (R_n)、气温 (T_a)、相对湿度 (RH)、风速 (v_w)、降雨量 (P)。

利用取土烘干法测定土壤含水率(每棵树周围

钻 4 个孔, 孔深 1 m, 每 20 cm 取一个土样), 每 10 d 测定 1 次。

2 结果与分析

2.1 土壤平均含水率变化

充分供水和水分胁迫下的土壤含水率变化和灌水量如图 1 所示。试验开始时, 土壤含水率大约都是 11% (占干土重百分率); 试验开始后, 通过人工灌水的方法, 使 2 种处理的土壤含水率分别控制在田间持水率和 45% 田间持水率左右。

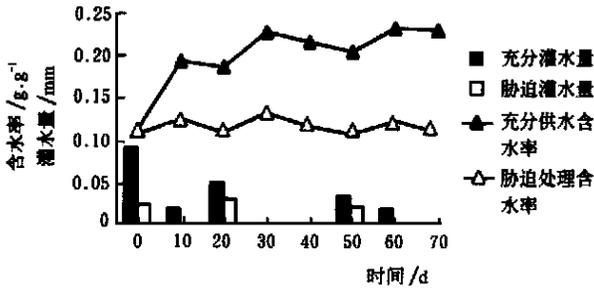


图 1 灌水量和 0~ 100 cm 土层土壤平均含水率变化 (2000207220~ 2000209230)

Fig 1 The water amount of irrigation and variation of mean soil moisture content in 0~ 100 cm soil layer (2000207220~ 2000209230)

2.2 充分灌水条件下根茎液流时空变化规律

2.2.1 根茎液流的日变化及日际变化规律

图 2 表明油桃树根茎液流日变化显著, 7: 00 左右液流开始启动, 8: 00~ 10: 00 液流量急剧增大, 13: 00 左右达到最大值, 15: 00 左右开始下降, 17: 00 左右急剧下跌, 19: 00 左右达到平稳状态。

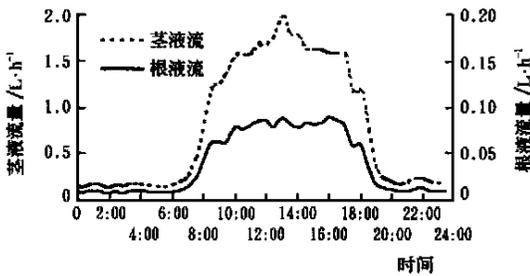


图 2 充分供水根茎液流量日变化 (2000208210)

Fig 2 The diurnal variation of stem and root sap flows under sufficient water condition (2000208210)

图 3 表明桃树根茎液流呈明显的昼夜节律, 白天的液流量变化曲线呈多峰型, 夜间存在平稳的上升液流。晴天与阴天的变化节律相似, 前者的数值比后者 (08204~ 08206) 的大, 雨天的液流为稳定流。

从图 3 中明显地看出根茎液流波形相似且同步, 这说明了水分在根和树干的导管中的传输与电流在电路中的传输是相似的, 间接地证明了 SPAC 系统中的 Van den Honert 假说^[4]是正确的, 具有普遍的意义。夜间平稳的上升液流的存在主要归结于根压产生的主动吸收^[5]。树干和根液流量变化曲线呈多峰型, 是由于气象因子的瞬时变化引起蒸腾速率的瞬时变化或蒸腾速率过高所致。当蒸腾速率高于根系吸水速率时, 导管内的水柱会出现空穴化而时断时续。

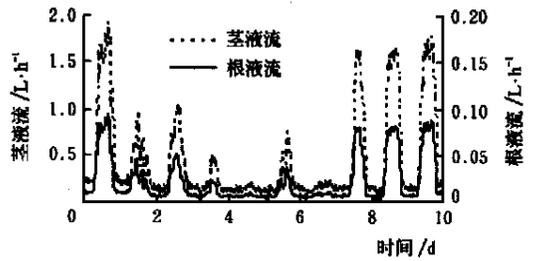


图 3 充分供水根茎液流量日际变化

Fig 3 The day-to-day variation of stem and root of sap flow under sufficient water condition (2000208201~ 10)

2.2.2 根茎液流的径向变化规律

液流的输送主要在木质部进行^[6]。液流速率在径向位点上的分布, 是当前植物生理学研究的重点问题, W. R. N. Edwards 提出二次曲线的理论, 即在木质部中液流的分布遵从二次曲线^[7]。此次试验中根茎液流量的计算就是在这一理论前提下进行的。

如图 4 所示, 桃树在 8 月份的晴天根茎液流变

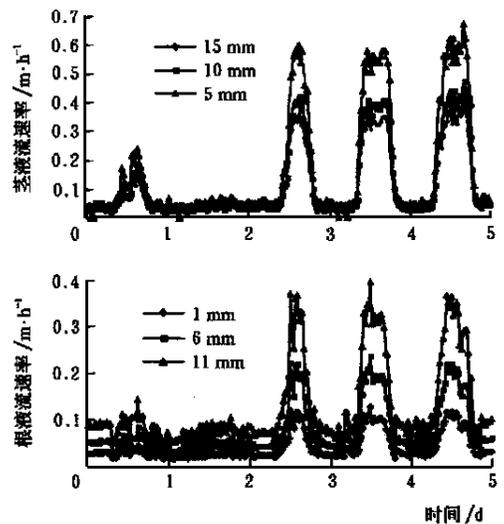


图 4 根茎木质部不同深度液流速率 (2000208205~ 10)

Fig 4 Sap flow rate at different depths in the stem and root sap wood (2000208205~ 10)

化过程中,可以看出:木质部不同径向深度的液流速率有着明显的差异,但是其变化趋势相同。树干液流速率在深度为5 mm(木质部中)的地方最大,并且随深度的增加而不断减少,深度15 mm处的液流速率是5 mm处的1/2。根液流随深度变化的趋势与树干的相反,深度1 mm处最小,约为11 mm处的2/5。与前人研究结果相似^[9]。这一结果表明桃树根茎木质部不同深度处水力传导度存在着差异。

由图5可以看出,树干北半部分(阴面)的液流比南半部分(阳面)的液流小,特别是在光照直射的中午,其差异更显著。造成这一差异的主要原因是光照直射点总在南面,同时树冠大小不均,南面冠层往往比北面的大。这一结果也表明桃树树干液流运动是直线上升的,而不是螺旋上升的。

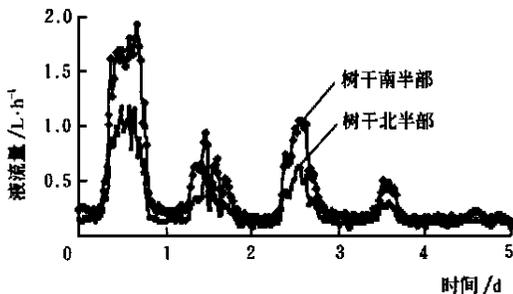


图5 树干南北半部分液流比较(2000209205~10)

Fig. 5 Comparison of sap flow rate between the south and north half of stem (2000209205~10)

由以上分析结果可知,在布置液流传感器的探针时,应该在树干周围和根茎木质部不同深度、不同部位处均匀地布置。由热脉冲速率计算液流流量时,应采用积分的方法。

2.3 水分胁迫条件下树干液流变化规律

干旱是造成果树减产的重要原因。本次试验研究了水分胁迫对桃树的茎液流的影响。如图6所示,在持续的水分胁迫条件下,桃树的树干液流出现明

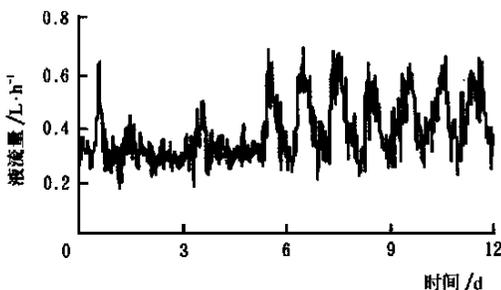


图6 水分胁迫下树干液流日际变化(2000209203~15)

Fig. 6 The day-to-day variation of stem sap flow under water stress(2000209203~15)

显的波动特征。产生这种特征的原因是:水分胁迫下,叶片气孔开度不断变化以维持根系吸水速率与蒸腾速率之间的平衡。从图6中还可以看出树干液流通量昼夜差别不大。这是由于水分严重亏缺,白天根系吸收水分速率小于蒸腾速率,树冠组织和树干失水不足以补充水分的亏缺,强迫气孔开度维持在较低的水平;夜间仍然存在的液流补充由于蒸腾造成的亏缺。

上述现象也充分说明了树冠和树干都存在水容(单位水势的变化所引起组织的含水量的变化),特别是在水分严重亏缺的情况下显得尤为突出。在利用热脉冲技术测定树干液流而确定树冠蒸腾时,要考虑水容是否存在,其影响究竟有多大;在模拟水分胁迫条件下的果树水分传输时,水容作用是不能忽视的。

2.4 充分供水条件下树干液流(蒸腾)与气象因子之间的关系

树干液流的变化规律是内因和外因共同作用的结果。内因包括冠层的结构、气孔的开度、树干的水力结构和根系的水力传导特性。外因是指环境因素,包括土壤水分状况和气象因子。

建立环境气象因子与树干液流量之间的数量关系,不但能揭示气象因子对植物水分生理变化的影响,而且还可以利用气象参数预测果树的蒸腾耗水量,然后依据预测值适时适量地给果树供应水分,从而达到节水、高产、优质的目的。利用STATICS软件对树干液流(蒸腾)与太阳净辐射、空气温度、湿度和风速进行回归分析,得到与彭曼公式相似的数量关系式:

$$T_r = A(t_a)R_n + B(t_a)f(u_2)(1 - RH \div 100)$$

式中 T_r ——液流值, $L \cdot \text{h}^{-1}$; $A(t_a), B(t_a)$ ——温度函数, $A(t_a) = a_1 \exp(a_2 t_a), B(t_a) = b_1 \exp(b_2 t_a)$; t_a ——空气温度, $^{\circ}\text{C}$; R_n ——太阳净辐射, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; $f(u_2)$ ——风速函数, $f(u_2) = c_1 + c_2 u_2$; u_2 ——2 m 高处风速, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; RH ——空气相对湿度, %。经过统计分析得出如下参数: $a_1 = 0.012, a_2 = 0.0433, b_1 = 0.0596, b_2 = 0.0612, c_1 = 0.9758, c_2 = 0.5653$ 。

这一数量关系式与文献[9]得到的结果不一样,因为它反映了气象因子对液流变化的内在物理机制,式中第一项为辐射项,第二项为空气动力学项。本结果从物理意义上易理解。运用该公式预测桃树的蒸腾耗水量取得了较好的结果。如表1所示,桃树

蒸腾计算值与实测值相比较, 相对误差的绝对值最大为13.9%, 最小为1.3%。

表1 桃树蒸腾实测值与计算值比较

(2000-2001~12期间中午12:00)

Table 1 Comparison of peach tree transpiration between the tested and calculated value

实测值 $\bar{a} \cdot h^{-1}$	计算值 $\bar{a} \cdot h^{-1}$	相对误差%
1.457	1.425	-2.2
1.601	1.726	7.8
1.176	1.012	-13.9
1.497	1.601	6.9
1.142	1.192	4.4
1.149	1.134	-1.3
1.505	1.663	10.5
1.634	1.591	-2.6
1.225	1.127	-8.0
0.678	0.715	5.5
1.226	1.304	6.4
1.768	1.647	-6.9

3 结论

1) 桃树根茎液流日变化在晴天显著, 阴天次之, 雨天不显著。液流日际变化呈明显的昼夜节律, 白天的液流通量变化曲线呈多峰型, 夜间仍然存在平稳的上升液流。根茎液流波形相似且同步。

2) 晴天根茎液流变化过程中, 木质部不同径向深度的液流速率有着明显的差别, 但变化趋势是相同的。树干液流速率在深度为5 mm (木质部中) 处最大, 并且随深度的增加而不断减少, 深度15 mm 处的液流速率是5 mm 处的1/2。根液流随深度变化的趋势与树干的相反, 深度1 mm 处最小, 约为11 mm 处的2/5。树干北半部分(阴面)的液流比南半部分(阳面)的液流小, 特别是在光照直射的中午, 其差异更显著。

3) 在持续的水分胁迫条件下, 桃树的树干液流

出现波动特征, 液流比充分供水条件下明显减少。

4) 建立环境气象因子与树干液流量之间的数量关系, 不但能揭示气象因子对植物水分生理变化的影响, 而且还可以利用气象参数预测果树的蒸腾耗水量。建立的数量关系式能很好地计算桃树的蒸腾量, 与实测值相比最大误差的绝对值为13.9%。

[参 考 文 献]

- [1] Caspari H W, Green S R, Edwards W R N. Transpiration of well-watered and water-stressed Asian pear as estimated by lysimeter, heat-pulse and the Penman-Monteith model [J]. *Agric and For Meteorol*, 1993, 67: 13~27.
- [2] Schiller G, Cohen Y. Water regime of pine forest under a mediterranean climate [J]. *Agric and For Meteorol*, 1995, 74: 181~193.
- [3] Edwards W R N, Warwick N W M. Transpiration from a kiwifruit vine as estimated by the heat-pulse technique and the Penman-Monteith equation [J]. *N Z J Agric Res*, 1984, 27: 537~543.
- [4] Van den Honert T H. Water transport in plants as a catenary process [Z]. *Discussions of the Faraday Society*, 1948, 3: 146~153.
- [5] Kramer P J. *Water Relations of Plants* [M]. Academic Press, Inc 1983.
- [6] Zimmermann M H. *Xylem and the ascent of sap* [Z]. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1983.
- [7] Edwards W R N, P. Becker. A unified nomenclature for sap flow measurements [J]. *Tree Physiology*, 1996, 17: 65~67.
- [8] 刘奉觉, Edwards W R N 等. 杨树树干液流时空动态研究 [J]. *林业科学研究*, 1993, 6(4): 368~372.
- [9] 孙鹏森, 马履一等. 油松树干液流的时空变异性研究 [J]. *北京林业大学学报*, 2000, 22(5): 1~6.

Variations of Stem and Root Sap Flow of Peach Tree Under Different Water Status

Gong Daozhi¹, Wang Jinping², Kang Shaozhong¹, Hu Xiaotao¹, Zhang Fucang¹, Li Zhijun¹

(1. Key Laboratory of Agricultural Water and Soil Engineering in Arid Area, Ministry of Education, Northwest Science and Technology of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China;

2. The Bureau Resources of Hebei Province, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: In this paper, the heat-pulse technique was applied to study the stem and root sap flow of peach. At the same time, an automatic weather station was used to monitor meteorological parameters. The day

to 2day variation of stem and root sap flow, the variation of stem and root sap flow at different depths below the cambium and the variant characteristics of stem sap flow of peach tree under different water status were investigated. The results show that, the day 2to 2day variant trend of sap flow in the stem is similar to that in the root, the stem and root sap flow rates at different depths below the cambium are various. As well as there are some fluctuations of stem 2sap flow under water stress, and the sap flow model developed can forecast the peach transpiration well.

Key words: heat pulse technique; sap flow; water stress; variant characteristics

会 讯

“温室工程设计及施工标准制订研讨会”在京召开

由中国农业工程学会、农业部规划设计研究院、农业部工程建设服务中心联合主办的“温室工程设计及施工标准制订研讨会”于 2001 年 5 月 15~16 日在北京召开。

会议期间有关专家分别就“农业工程建设标准工作的进展”、“制订国家标准的要求及条件”、“十五期间工厂化农业发展趋势”、“温室标准的制订与发展概况”、“气候带的区划对制订温室标准的影响”、“温室工程名词的标准化势在必行”等作了专题报告。

与会代表结合本单位生产和科研工作对“温室标准制订大纲”和“关于温室工程标准制订的建议”进行了认真讨论,一致认为,由于温室工程无标准的问题长期得不到解决,已经严重影响温室产业的正常发展,确需尽快解决,并对文件提出了修改意见,主要有以下几点:

1. 安全性 温室工程的设计要遵循“以人为本”的原则,安全第一。荷载的标准应反映温室的特点,包括:荷载计算设计年限的取值,使用年限的确定,特殊气象条件等。有关安全性的标准要

作为强制性标准。

2. 区划 应主要考虑光温资源的合理配置,不同地区适宜的温室类型、规格,还应考虑不宜建造温室的地区等。

3. 性能测试及竣工验收 该标准应主要用以规范性能测试和竣工验收的方法。

4. 专业名词 该标准涉及范围不宜太广,先以急需的为起点,逐步补充完善。尽量与国际专业名词标准接轨和借用其它行业已普遍推行的专业名词标准。

5. 标准要体现对作物的适应性和生态环境的保护。

6. 通风与降温系统标准应合并。

7. 电气系统 温室设备用电与自动控制系统用电要分别考虑,两者可以放在同一标准中,但要分别列出。

会议将根据与会代表的意见对“大纲”和建议进行修改后上报有关部门。

(学会秘书处)