



PWP 植物叶片水势仪

PWP (Plant water pressure) 植物叶片水势仪是德国 yara 公司专业为植物叶片设计的一款磁性压力水势传感器，其工作原理是通过惠斯通电桥测量方法，实时测定植物叶片膨压的微小变化，连续缺水导致 PWP-探针测定压力(Pp) 在午间（部分在夜间）的信号值持续升高。一旦灌水，即能测定到每日膨压和 Pp 值的显著变化。PWP-探针测定技术已在世界各地成功地应用于多种农作物和树木。PWP-植物探针已成为植物生理学、生态学、林业、农业研究的重要工具。



特点：

不破坏叶片组织

持续稳定

不受气候影响

可在野外长期监测，也可在实验室、温室使用

测出的结果可以快速，准确的指导农作物灌溉

系统可配置一些气象传感器如：空气温湿度传感器、土壤水分温度传感器、辐射传感器等

测量精度高

技术指标：

测量原理：惠斯通电桥测量方法

测量范围：0~300 kpa

分辨率：0.1kpa

准确度：±1.5%

温度范围：5~60℃

电源：2.5~6V DC

电耗：~15mA

防护等级：IP63

线缆长度：标配 2 米，可选 5m/10m/20m



SWP-300 植物水势采集系统

SWP-300 植物水势采集系统是由 2 部分组成，分别是植物水势传感器和数据采集系统。植物水势传感器是由美国康奈尔大学的科学家关于植物水分胁迫的精确传感器和植物水势管理关系的基础上研制的 MS15 型植物水势传感器，从而代替了 Scholander 室的测量。

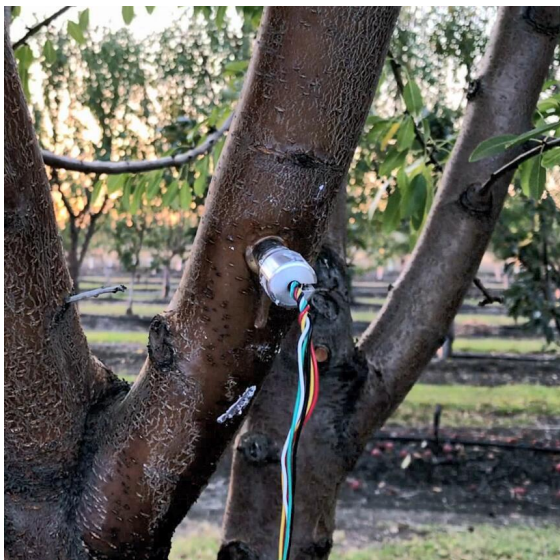
MS15 型植物水势传感器基于微芯片张力计 (μT) 工作原理，可以直接测量植物组织中的水势，微芯片张力计 (μT) 是一个装满水的腔室，将该腔室水量与待测外部环境连接的纳米多孔膜以及压力传感器组成一个密闭空间，将微芯片张力计 (μT) 安装到植物木质部或含水组织中，并通过附加的压力传感膜片进行压力测量。

应用范围

- 植物原位茎水势监测
- 植物水分胁迫
- 压力容积曲线
- 永久萎蔫压力
- 作物 & 森林植物水分关系
- 贫瘠生态系统 & 干旱

技术指标

- 测量范围：0~-6Mpa (0~-60bar)
- 分辨率：0.001Mpa (0.01bar)
- 准确度： ± 0.01 Mpa (± 0.1 bar)
- 温度依赖性： $\leq \pm 2.0\%$
- 电源：激励电源，最大 1.5V
- 电流： ~ 1.7 mA
- 信号输出： -50 mV $\sim +50$ mV
- 尺寸： $\varnothing 8$ mm*L 25mm
- 防护等级：IP67
- 线缆长度：标准：10ft, 可选 17ft





HPV 茎流量传感器/Sap Flow Sensor

HPV 茎流量传感器是一款校准型、低成本的热脉冲液流传感器，输出校准液流量、热速、茎水含量、茎温等数据，功耗低，内置加热控制，同时改善了传统的加热方式，其原理采用热脉冲速率法（HPV），热脉冲速率法（HPV）是从 Tmax 法和热比法（HRM）两种 Vh 方法的最佳测量范围出发，又称慢流量法（SRFM），用来测量植物中可观察到的 Sap 流量的全范围。DMA 采用一种算法，通过 Tmax 或 HRM/SRFM 动态选择最优的 Vh 测量，测量范围：-200~+1000cm/hr(热流速度) 或 -100~+2000cm³/cm²/hr(茎流通量密度)，可广泛用于于茎流量监测、植物茎流蒸发计算、植物茎流蒸腾量、植物灌溉等



植物茎流是树木内部的“水”运动，而蒸腾是从叶片通过光合作用蒸发流出的水分。树液流量和蒸腾量之间有很强的关联性，通常理解是同一回事。但是，严格地说，它们是不同的，这体现在它们是如何被测量的。

SAP 流量以 L/hr（或每天、每周等）为单位进行测量。蒸腾量以每小时、每天、每星期等毫米（mm）为单位测量。

$$\text{蒸散量} = \text{蒸腾量} + \text{蒸发量}$$

蒸腾量以毫米为测量单位，可与降雨量以毫米计作比较。随着时间的推移，降雨量（水输入）应与蒸腾量（输出）相匹配。如果蒸腾作用更高，通常是树木作物的蒸腾作用，那么这种差异必须通过灌溉来弥补。

蒸发量（evaporation），蒸发量是指在一定时段内，由土壤或水中的水分经蒸发而散布到空中的量。

1mm(降雨量)=1 m²地面 1kg 水

1mm(蒸腾量)=1 m²叶面积的 1 升树液流量（水）

例如：在果园和葡萄园等有管理的树木作物系统中，蒸发量与蒸腾量相比非常小。因此，为了简化测量，通常忽略蒸发量，将蒸腾量取为平均蒸散量（ET_o）。

技术指标

测量范围：-200~+1000cm/hr(热流速度)

分辨率：0.001cm/hr

准确度：±0.1cm/hr

探针尺寸：φ1.3mm*L30mm

温度位置：外 10mm，内 20mm

针距：6mm

探针材质：316 不锈钢

温度范围：-30~+70℃

响应时间：200ms

加热电阻：39Ω，400J/m

电源：12V DC

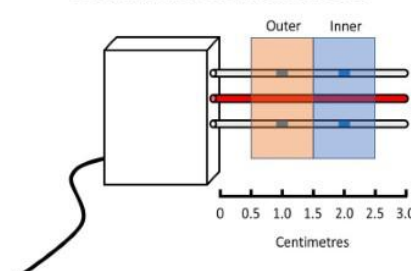
电流：空闲 5mA，测量<270mA

信号输出：SDI-12

线缆：5m，最大 60m



Outer and Inner Measurement Zones





德国 EcoMatik SF-G 茎流传感器

SF-G 茎流传感器是传统式的 Granier 探头，由二针组成。使用时二针上下插入树干，间距约 15cm 上部针用衡流电源加热，两针之间的温差用数采连续记录。此温差直接和茎流相关，可用给定的经验公式直接换算成茎流速度。

Granier(1985)发明的插针式茎流传感器 (SF-G, 也称 thermal dissipation probe, TDP), 因其实用简单, 在植物研究中得到广泛使用。但实践证明, 此传感器有两个很严重缺陷:

1) SF-G 茎流传感器把夜间的茎流假设为零。此假设实际上不成立。因为一般植物的夜间蒸腾量不为零。此外, 植物夜间吸收水分, 用来补偿白天体内水分的损失。这种水分补充可以从植物水势和植物直径的昼夜变化明显看到。若夜间茎流为零, 那么夜间蒸腾, 水势升高, 直径增加都是不可能的(Granier1987; Liu et al. 1995; Do and Rocheteau, 2002)。

2) SF-G 传感器通过测量树干纵向温度梯度来计算茎流的, 其前提是, 树干本身没有温度梯度。所测到的温度差都是来源于茎流。图 1 显示的是 SF-G 传感器在没有加热的情况下所测得的两探针之间的温差, 也就是树干本身的温度梯度, 其变化幅度达 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 。造成树干本身的温度梯度的原因主要是: 空气温度梯度; 土壤中的水分一般比空气冷, 在树干中上升时, 逐渐升温, 造成上下温差。很明显, SF-G 探头测量的前提实际上不成立。SF-G 传感器测量结果反映的不单是茎流, 而是茎流和植物体内温度梯度的叠加。

由于以上两点缺陷, SF-G 传感器的测量精度受到严重制约。由此带来的测量误差在夜间或中午可达 80% (图 3)。

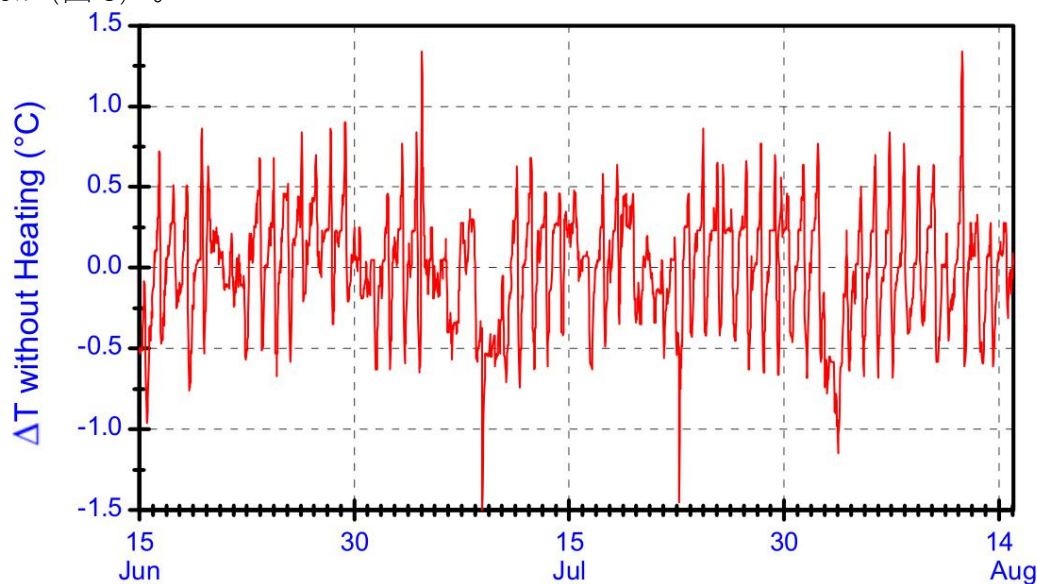


图 1, 一棵 40 年生欧洲云杉树干本身的纵向温度梯度。此数据是用 SF-G 传感器在没有加温的情况下测得的。

SF-L 茎流传感器

SF-L 茎流传感器主要从两个方面对 SF-G 传感器进行了改进 (图 2):

- 1) 用 4 针茎流传感器。两个热电偶连续测量树干纵向温度梯度 ($\Delta T_{R1}, \Delta T_{R2}$), 用以直接修正测量值 (ΔT)。
- 2) 用茎杆变化传感器监测树干直径变化, 用来确定茎流的零点。茎流为零必须满足两个条件:
 - a. 空气湿度为 100%, 植物停止蒸腾。
 - b. 植物体含水量饱和, 表现为直径不再增加。

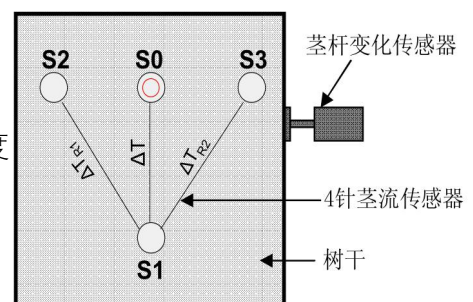


图 2 SF-L 茎流传感器的组成:
 1 个 4 针茎流传感器
 1 个茎杆变化传感器

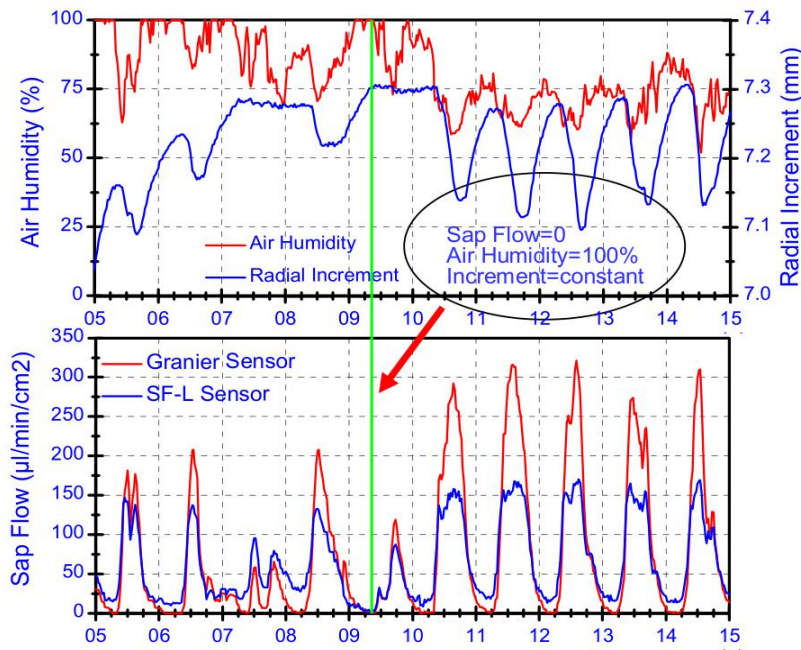


图 3 在一棵 40 年生的欧洲云杉上用 SF-L 传感器和植物生长测量仪连续测量三个月。其结果分别用 SF-L 和 SF-G

方法进行计算。用两种方法取得的结果差异很大。SF-G 测量的结果白天高于 SF-L，夜间均为零。SF-L 的

夜间值一般不为零，在三个月的测量中，只出现过三次零值。

上： 相对空气湿度（红线）和树杆半径的变化（蓝线）。

下： 用 SF-L 传感器（蓝线） 和 SF-G 传感器（红线）在同一棵 40 年生欧洲云杉上测量的结果

SF-G 茎流传感器技术指标：

探头组成： 2 针

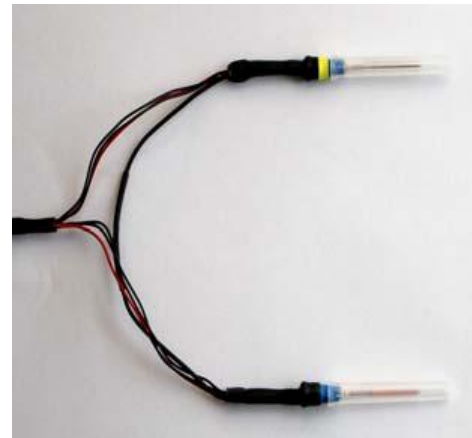
针长/加热丝长： SF-G33： 33 mm/20 mm
 SF-G43： 43 mm/20 mm
 SF-G63： 63 mm/20 mm
 直径 1.5 mm

适合树杆直径： >5 cm

输出： 0~1000 uV

电源： CCS， 1 个 CCS 可供应 1 到 3 传感器，
 消耗 1 瓦（12 伏 x84 毫安）

电缆长度： 5 m，可延长到 20 m 电缆长度



SF-L 茎流传感器技术指标：

探头组成： 1 个 4 针茎流传感器、1 个茎杆变化传感器

针长/加热丝长： SF-L 33： 33 mm/20 mm
 SF-L 43： 43 mm/20 mm
 SF-L 63： 63 mm/20 mm
 直径 1.5 mm

适合树杆直径： >15 cm

输出： -100~1000 uV

电源： CCS， 1 个 CCS 可供应 1 到 3 传感器，
 消耗 1 瓦（12 伏 x84 毫安）

电缆长度： 5 m，可延长到 20 m 电缆长度

