

**Ecomatik**

- 土壤水势仪
- 植物生长仪
- 土壤水势控制系统
- 第二代茎流仪

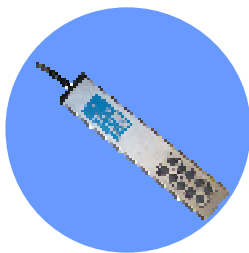
地址: **ECOMATIK**  
**Münchner Str. 22**  
**D-85221 Dachau**  
德国, 慕尼黑

电话: **+49 8131 260 738**  
传真: **+49 8131 274 434**  
网址: **www.ecomatik.de**  
信箱: **info@ecomatik.de**

# Ecomatik

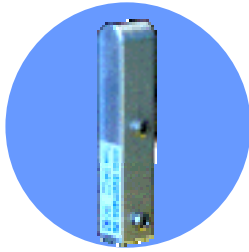
Ecomatik 公司创建于1996年，位于德国慕尼黑市郊的达豪市。主要从事环保，生态测量仪器的的开发和研究。本公司的产品全部得到专利保护，已应用到30多个国家的生态，环境研究工作中。

目前本公司的产品包括：



## 土壤水势仪 (Equitensiometer) ..... 2

全世界第一个用于实地测量，覆盖植物生存全部范围的，高精度的土壤水势仪



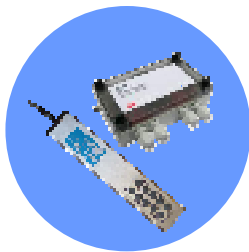
## 植物生长测量仪 (Dendrometer) .....9

用于高精度，连续测量植物生长，植物对环境的反应。可测量植物茎杆的周长，直径，半径和水果，蔬菜的直径变化



## 茎流仪 (Sap Flow Sensor) .....14

四针式，高精度茎流仪 (SF-L)  
两针式茎流仪 (SF-G)



## 土壤水势，节水灌溉控制系统 .....18

为科研提供给定水势的土壤，用给定的水势范围自动控制灌溉，同时采集水势数据



## 配套数采 .....19

多种和本公司传感器可配合使用的数据采集器

# EQ15土壤水势仪



EQ15/Adapter型: 带有螺纹接头, 可连接一个管子, 将探头安装在深层土壤。



EQ15/Basic型: 用于浅层土壤安装。

- 世界上第一个精确测量土壤水势的仪器, 已取得包中国, 美国在内的多国专利
- 保证使用的长期稳定性
- 覆盖全部对植物生长有意义的水势范围 (0 到 -15 巴)
- 每台仪器都通过专门标定
- 户外使用无需保护和维修措施, 超越测量范围不影响使用功能
- 在所有非盐碱性土壤中, 测量结果不受土壤理化性质和土壤种类的影响
- 低耗能 (可用一般电池带动)
- 易安装
- 测量结果可用普通数采纪录或用万用表显示
- 以有7年以上的实地使用经验

EQ15水势仪共有两种型号:

EQ15/Adapter型和EQ15/Basic型。两种型号的区别在于: EQ15/Adapter型尾部带螺纹接头, 可与套管连接, 插入深层次土壤。EQ15/Basic型不带螺纹接头, 适于浅层土壤。

## 什么是土壤水势?

土壤中水分状况可以用两种方法表述: 含水量和水势。含水量是指单位体积或单位重量土壤中的水分。土壤水势是指从土壤中提取 (吸取) 单位水分所需引起的能量。美国土壤学会对基质水势的定义是 (1987): **Matric potential ( $\psi_m$ ), defined as the amount of work that must be done per unit quantity of water in order to transport unit quantity of water reversibly and isothermally an infinitesimal quantity of water, identical in composition to the soil water, from a pool at the elevation and the external gas pressure the point under consideration, to the soil water.**

水势也称负压, 其计算单位和压强相同: 巴斯卡 (Pa) 或毫巴 (mbar)。

$$1 \text{ mbar} = 1 \text{ cm 水柱} = 100 \text{ Pa}$$

因为提取水分要消耗能量, 所以土壤水势一般取负值。数值越负, 土壤越干旱。

一般植物生存的范围是:

0 到 -15000 mbar (0 到 -15 巴) 或  
0 到 -1500 000 Pa (= 1500 kPa)

基质水势是全部水势的主要组成部分, 在非盐碱土壤中, 全部水势等于基质水势。

基质水势起因于土壤中毛细现象。在土壤含水量相同的情况下, 土壤越粘细, 水势越低。

# EQ15土壤水势仪

## 为什么需要测量土壤水势?

### 1 判断土壤水分的有效性 (土壤的干旱程度)

在关于植物和水分, 及土壤中水分运动的研究工作中, 我们需要知道土壤中水分的有效性。水分的有效性和含水量的关系可用以下公式表述:

$$\text{土壤的干旱度} = \text{土壤水分的有效性} = \text{土壤水势} \\ = f(\text{土壤含水量, 土壤性质})$$

土壤的干旱度, 土壤水分的有效性, 其含义和土壤水势完全一致, 都是指从土壤中提取(吸取)单位水分所需引起的能量。如前面的公式所示, 它们直接和土壤含水量及土壤性质相关。但并不等于土壤含水量。单纯用土壤含水量无法判断土壤水分的有效性。比如, 一块土地的含水量为10%, 你无法判断在这块土地上小麦是否可以生长。如果是沙土, 小麦可以茂盛生长, 如果是粘土, 在这块土地上可能寸草不生。

判断土壤的干旱程度的唯一指标是土壤水势。所以, 测量土壤水势是实现节水灌溉的关键技术。是否灌, 灌多少只能根据土壤的水势高低来决定。世界上许多国家的专家试图用土壤含水量来控制灌溉, 最后都以失败告终, 因为含水量不直接反应土壤的干旱程度。

### 2 测定植物的对土壤水分的要求 (耐旱能力)

每一种植物对其适生环境都有特定要求。通过科研和实践经验, 人们对每一种植物适生的温度, 空气湿度, 光照都有详细的了解。但对植物对土壤湿度的要求人们则知道地很少。

某一植物在某一土壤土壤环境条件下否可以生长, 生长的好坏, 往往通过多年的实地栽培试验也难以取得确切答案。费时费力, 结果极不可靠。问题的关键是我们没有判断植物对土壤水分要求的定量指标。

植物对土壤水分要求的定量指标也就是植物从土壤中吸取水分的能力, 也就是植物能克服的最低水势。所以测定植物的对土壤水分的要求(耐旱能力)实际上就是测量土壤水势。

### 3 将科研成果应用到实际生产的关键技术

数十年来, 每年大概有数千篇关于植物和土壤水分的关系的科研论文。今天如果有一个农民要问, “我家麦地灌多少水最合适?”。这个简单的问题几乎谁也回答不了。原因是, 好多科研人员用土壤含水量代替水势。这种土壤含水量和植物的关系只对于参与试验的土壤有效, 对其他土壤没有应用价值。所以根本无法推广到其他土壤类型。某某专家发现小麦在土壤含水20%时生长最好。某农民用此数值灌溉他的麦地。其结果很可能是超灌, 或者是欠灌。因为在不同土壤中同一含水量形成的水势完全不同。可以看得出, 这种以土壤含水量为基础的研究工作和实际应用脱节, 是对人力, 物力, 水资源的一种很大的浪费。

解决这个问题的唯一的方法就是以水势为基础, 进行植物和水分关系的研究。建立在水势基础上的研究成果和土壤性质无关, 具有普遍性, 可以应用到任何土壤类型, 任何国家。

## 已知测量土壤水势的方法和技术

目前市场上测量土壤水分的仪器很多, 其中绝大部分, 如TDR、FDR等等, 都是用于测含水量的, 用于测水势的寥寥无几。

用土壤水势表述土壤水分有效性的设想于1907年问世(E. Buckingham)。以后逐步被

科学家认可。一百多年来, 不同学科的科学家和工程师们一直探索测量水势的方法, 试图制造测量土壤水势的仪器。到现在为止, 一共有六种可用于实地的测量的仪器。

# EQ15土壤水势仪

## 现有六种（类）土壤水势实地测量方法的比较

仪器 / 技术	测量范围 (kPa)	优点	缺点
石膏块	-100 到 -700	1. 廉价	1. 用户需要进行标定工作 2. 精度很低 3. 只用于简的水势估计
干湿球计 Psychrometer	-200 到 -10000	1. 适用于干旱土壤 2. 测量全部水势	1. 不适于湿土 2. 测量结果受土壤温度变化影响很大 3. 价格昂贵 4. 不适于户外使用
普通张力仪 Tensiometer	0 到 -85	1. 高精度	1. 不适于较干旱的土壤 2. 保护和维修的工作量特别大 3. 不适合用于研究植物和干旱的关系
pF-Meter Heat Dissipation Sensor	0 到 -100000	1. 测量范围大 2. 不受土壤酸碱度影响	1. 用热脉冲原理，测量结果受土壤导热率影响 2. 用陶土探头，反应慢，严重滞后 3. 和一般数采不能连用
土壤水势仪 Equitensiometer	0 到 -1500	1. 精度高 2. 含盖全部植物生长的水势范围 3. 无需保护和维修措施 4. 可同一般数采连用	1. 非线性输出

## 各国科研人员用EQ15土壤水势仪从事的主要研究课题

- **环境监测**
  - ▶ 连续监测土壤水势，了解土壤水势在自然条件下的变化过程，为土地利用，土壤改良提供科学依据。
- **土壤学研究**
  - ▶ 研究不同土壤使用，经营方式和土壤水势的关系。
  - ▶ 不同水势对土壤理化性质的影响。
- **自动控制节水灌溉**
  - ▶ 用Equitensiometer直接控制灌溉系统。
- **生理，生态，植物学研究**
  - ▶ 研究植物的耐旱性（探讨植物的生理指标和土壤水势的关系）。
- **水文，气象**
  - ▶ 研究药理植物质量和土壤水势的关系。
  - ▶ 确定植物生长的最佳土壤水势。
  - ▶ 引种试验，通过测量土壤水势和植物耐旱性，探讨植物在某种环境下生长的可能性。
  - ▶ 探讨最佳生理灌溉方式，最佳经济灌溉方式。
  - ▶ 研究根系提水功能（Hydraulic Lift）。
- **水文，气象**
  - ▶ 测量土壤水势，计算土壤蒸发量。
  - ▶ 通过测量土壤水势，计算土壤水分的运动。
- **土力学，建筑**
  - ▶ 土力学研究，（坡面稳定性，地基稳定性，水坝稳定性）

# EQ15土壤水势仪

## 应用EQ15水势仪产生的或与EQ15水势仪相关的论文

- Booth D: Incubation of rigid-shelled turtle eggs: do hydric conditions matter? *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*. 172 (7), 627-633, 2002
- Campbell G S: Soil water potential measurement: An overview. *Irrigation Science*. 9 (4), 265-273, 1988
- Scanlon BR, Andraski, BJ and Bilskie : Miscellaneous Methods for Measuring Matric or Water Potential. In: J. Dane and C. Topp [eds.]. *Methods of soil analysis*. Madison, WI: ASA and SSSA, 643-670, 2002
- Bartelheimer M, Steinlein T and Beyschlag W: Aggregative Root Placement: A Feature During Interspecific Competition in Inland Sand-Dune Habitats. *Plant and Soil*, 280, 101-114, 2006.
- Hoepfner U, Neudert A und Paul M: Lysimeteruntersuchungen zum Wasserhaushalt von Endabdeckungen zur Sanierung von Tailings des Uranerzbergbaus in Sachsen.
- Kanoun O, Tetyuev A und Tränkler HR: Bodenfeuchtemessung mittels Impedanzspektroskopie (Soil Moisture Measurement with Impedance Spectroscopy). *tm - Technisches Messen*. 9, 475-485, 2004
- Kurz-Besson C, Otieno D et al.: Hydraulic Lift in Cork Oak Trees in a Savannah-Type Mediterranean Ecosystem and its Contribution to the Local Water Balance. *Plant and Soil* 282 1573-5036, 2006
- Noborio K, Horton R and Tan C S: Time Domain Reflectometry Probe for Simultaneous Measurement of Soil Matric Potential and Water Content. *Soil Science Society of America Journal* 63:1500-1505, 1999
- Otieno DO, Kurz-Besson C, Liu J, Schmidt MWT, Vale-Lobodo R, David TS, Siegwolf R, Pereira JS and Tenhunen JD: Seasonal Variations in Soil and Plant Water Status in a *Quercus suber* L. Stand: Roots as Determinants of Tree Productivity and Survival in the Mediterranean-type Ecosystem. *Plant and Soil*, 283, 119-135, 2006
- Otieno DO: Coordinated Tree Response to Drought – Vulnerability and Sustainable Production: Hypotheses on Arid Ecosystem Adjustments to Limitation in Water Resources. Doctoral Thesis, University Bayreuth, Germany, 2004
- Reyes A, Christian P, Valle J and Williams T: Derivation and verification of soil hydrodynamic parameters in cinnamon soil. *BioControl* 49 (4), 2004
- Roberts J, Rosier P: The impact of broadleaved woodland on water resources in lowland UK: I. Soil water changes below beech woodland and grass on chalk sites in Hampshire. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2005, 9 (6), 596-606
- Schäfer K, Oren R, Lai CT and Katul G: Hydrologic balance in an intact temperate forest ecosystem under ambient and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration. *Global Change Biology*, 885-911, 2002
- Schütz M: Untersuchungen zum Wachstum und Gaswechsel von Weizenbeständen unter globalen Klimaveränderungen unter besonderer Berücksichtigung von Veränderungen der atmosphärischen CO<sub>2</sub> Konzentration und des Wasserhaushalts. Dissertation Universität Gießen, 2002.
- Stampfli A and Zeiter M: Plant regeneration directs changes in grassland composition after extreme drought: a 13-year study in southern Switzerland. *Journal of Ecology* 92 (4), 568-576, 2004
- Thomas V: Effects of Simultaneous Ozone and Nitrogen Exposure on two Tree Species: *Fagus SYLVATICA* (L.) AND *Picea ABIES* (L.) Karst.. Inauguraldissertation, University Basel, 2005
- Voltas J, Serrano L, Hemández M and Pemán J: Carbon Isotope Discrimination, Gas Exchange and Stem Growth of Four Euramerican Hybrid Poplars under Different Watering Regimes. *New Forests* 31 (3), 435-451, 2006.
- 魏义长, 刘作新, 康玲玲: 辽西淋溶褐土土壤水动力学参数的推导及验证. *水利学报*, 2004
- Werner C, Unger S, Pereira J, Maia R, David TS, Cathy Kurz-Besson C, David JS and Máguas C: Importance of short-term dynamics in carbon isotope ratios of ecosystem respiration ( $\delta^{13}C_R$ ) in a Mediterranean oak woodland and linkage to environmental factors. *New Phytologist* 172(2) 330-346, 2006
- Wieser G, Gigele T and Pausch H: The carbon budget of an adult *Pinus cembra* tree at the alpine timberline in the Central Austrian Alps. *European Journal of Forest Research*. 124 (1), 1-8, 2005

# EQ15土壤水势仪

## EQ15土壤水势仪使用中常见问题

### ● 测量精度和测量范围

出厂以前，我们对每台仪器进行单独标定，每台仪器都带有一份标定纪录。这种生产方式全面保证仪器的测量精度。

EQ15土壤水势仪的测量范围为0到负1500 kPa (0 到 -15 bar)。如客户有特殊要求，EQ15土壤水势仪的测量范围可以扩展到0到-2500kPa (图. 1)。

如果土壤水势超出EQ15土壤水势仪测量范围，水势仪的工作性能不受影响。土壤转湿时，水势仪自动恢复工作。无需任何维修措施。

### ● 土壤性质对测量结果没有影响

和土壤含水量不同，土壤水势是一绝对物理量，不同土壤中的同一水势值的物理意义完全相同。来自不同土壤的水势值可以直接相互比较。不同土壤性质，诸如比重，石砾含量，粘粒含量，有机质含量等等，对EQ15土壤水势仪的工作以及测量结果的评价没有任何影响。

EQ15土壤水势仪是通过测量参照体内的含水量来测定土壤水势的。这和石膏块的工作原理完

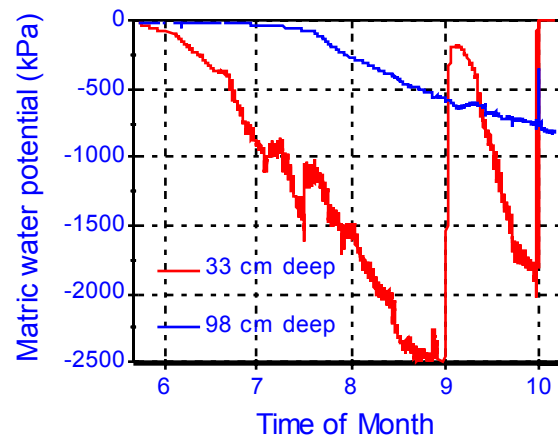


图 1 葡萄牙橡树林 (*Quercus suber*) 下土壤水势的变化

全不同。石膏块是通过测量电导率来测定土壤水势的。因土壤电导率不单取决于含水量，而且在很大程度上取决于土壤的化学性质，土壤的 pH 值。EQ15土壤水势仪是在测量含水量的基础上测定水势的，土壤化学性质，诸如电导率，pH 值对其测量结果没有影响。只是在盐碱土壤中，当电导率大于 1 mS/cm 时，测的水势值会偏低 (图 2)。

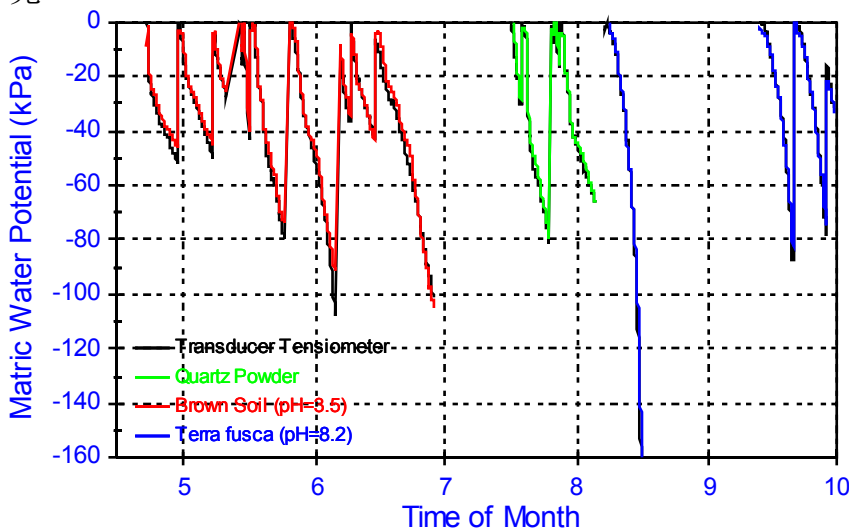


图 2 EQ15土壤水势仪 (黑线) 和电子张力仪在不同土壤中测量结果的比较。4月20日到6月28日：褐土，pH 3.5 (红线)，7月15日到8月8日：石英粉(绿线)，8月8到9月30日：碳酸盐土壤Terra fusca, pH 8.2 (蓝线)。可以看出，pH值从3.5到8.2的变化对EQ15土壤水势仪的测量结果没有影响。

# EQ15土壤水势仪

## ● 反应滞后问题

EQ15水势仪完全适用野外定点长期观测。EQ15水势仪中的水势平衡体的导水性能大于任何自然土壤。在自然条件下EQ15水势仪可以无滞后测量任何土壤的水势变化(图3)。

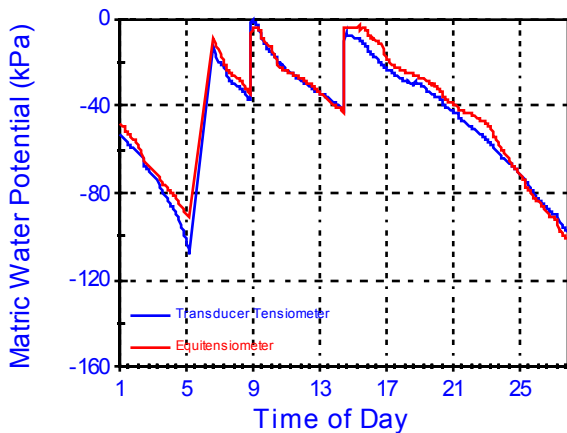


图3 EQ15土壤水势仪(红线)和电子张力仪(蓝线)的比较测量。两探头插入同一土壤,然后循环灌溉,干燥。无论是灌溉阶段还是干燥阶段,和电子张力仪相比, EQ15土壤水势仪无滞后显示。

## ● 安装

EQ15土壤水势仪的安装相当简单。先在土壤中打一个洞,将探头插入预定深度,然后将石英粉和浆灌入,回填土即可。安装过程中,土壤原始状态被破坏,这并不影响测量结果。

## ● 长期定位测量

图5是用EQ15水势仪同时在山毛榉和欧洲云杉林地中测量结果。在近三年的测量期间,没有任何维修保护措施。

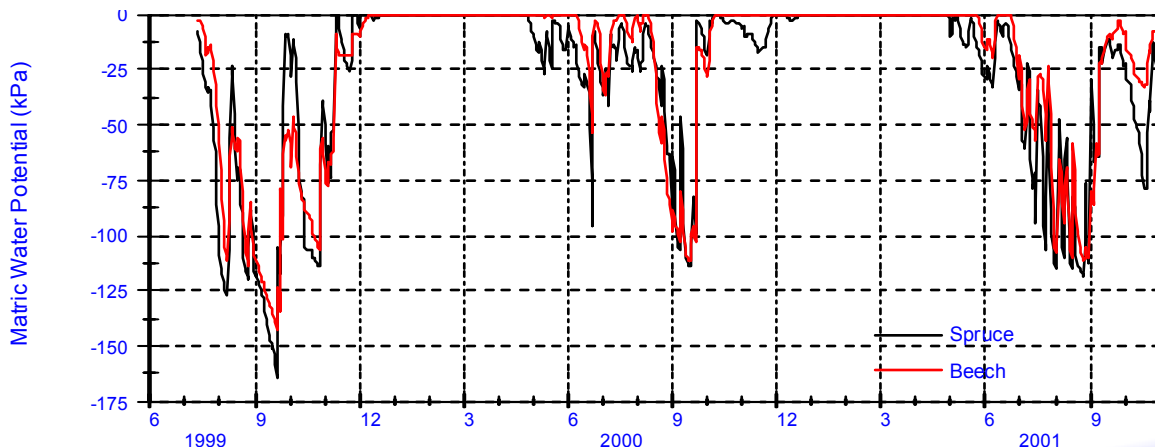


图5 德国巴伐利亚两块毗邻的山毛榉和欧洲云杉林地中的土壤水势的变化。此观测结果同两树种蒸腾特性完全吻合。在除春和晚秋云杉林地较山毛榉林地明显干旱。

## ● 数据采集和处理

EQ15土壤水势仪的输出0.1-1.0伏的电压信号。如果进行连续测量,须用数采纪录数据。一般数采都可以联用。ECOMATIK提供多种配套数采(参见数据采集部分)。如进行非连续测量,可使用ECOMATIK的EQ15读数表,也可使用一般电压表直接读取。

每台仪器都带一份标定曲线(见图4),此曲线给出EQ15土壤水势仪输出的电压信号和水势自之间的关系。一般数采和EQ15读数表都接受此标定曲线的数值,将测得的电压值直接转换成水势值以kPa为单位输出。如果数采没有这种转换功能,采集的数据为电压值也可以用计算机(如EXCEL)轻易换算成水势值

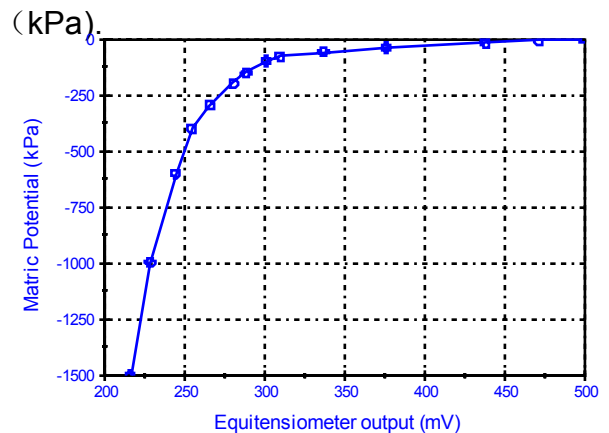


图4 典型的EQ15土壤水势仪标定曲线

# EQ15土壤水势仪

## 技术参数

测量指标	土壤基质水势
测量范围	0 到 -1500 kPa (0 到 -15 巴)
精度	0 kPa 到 -100 kPa: $\pm 10$ kPa -100 kPa 到 -1500 kPa: 10%
滞后	很小, 在自然条件下可以如实反应各种速度的土壤水势变化
应用范围	用于土壤水文, 植物生态, 生理研究及节水灌溉的控制
使用条件	除过电导率大于 1 mS/cm的盐碱土外, 可用于所有土壤
输入输出	输入: 5-15 V 直流电压, 最大 23 mA, 输出: 100 -800 mV 直流电压
外壳	不锈钢
尺寸重量	长 × 宽 × 厚 = 17 cm × 4 cm × 2 cm, 标准电缆长度: 5 m, 最大长度: 100 m, 重量: 350 g

## 配件及数采

EQ10	基本型, 适应较浅层的土壤
EQ20	带螺纹接头, 可连接延展管, 插入深层次土壤使用
EQ25	转换接头, 用于连接手持读数表
EQ30	1 m 延展管
EQ40	2 m 延展管
EQ50	石英粉, 用于改善在石质土壤中探头和土壤的接触
EQ60	延长电缆, 最大100 m
数采	EQ水势仪可和一般数采都可配合使用。ECOMATIK可提供以下配套的数采: DL2e, GP1, DL6, Combi数采, Campbell 数采, 手持读数表 (详见数采部分)

# 植物生长测量仪



- 高度精确
- 种类齐全，分别可以测量树木半径，直径，周长和纵向变化，水果，蔬菜的直径变化
- 自身重量极小(13克), 几乎不压迫植物
- 耗能小，如和专用数采一起，用一个小电池可以连续测量两年以上
- 适用各种户外条件
- 直接微米输出，无需标定
- 已有十年以上的实地使用经验
- 几乎无需保护维修措施

## 植物生长测量仪的用途

在与植物有关的研究工作中，一个很重要的任务就是了解植物生长，产量和环境因素的关系。为此我们一方面需要有关环境因素的数据（气象，水分，营养等等），另一方面我们也需要有关植物生理，生长方面的数据。

到现在，由于测量技术方面的困难，有关植物方面的数据都是不连续的，如年轮宽度，产量，生物量等，这些指标一般都是多种环境因素在一个生长季里累计作用的结果。究竟哪个环境因素，什么时间对这些植物指标起决定

性的作用，一般很难客观确定。譬如，某一年的年轮宽度小于往年，你很难说清其成因，是由于春节霜冻，夏季干旱，还是由于秋季低温，等等。

生长测量仪正是为了解决这个问题而开发生产的。生长测量仪连续测定生长率，即时反应环境因素变化及人为措施给生长带来得影响。在实际使用中，完全可以将生长和气象因素同步观测，这样不但可以准确认定影响生长的关键因素，而且也给数据处理带来极大方便。

## 科研人员应用植物生长测量仪从事的研究课题

▶ 不同经营方式（干旱/灌溉程度，施肥方式，耕作方式，间伐方式）和植物生长的关系。

▶ 同一植物在不同条件下（土壤，降雨量，海拔，气候）的生长情况。

▶ 定点长期监测树木的生长情况。

▶ 气候变化对物候的影响，准确测定生长季的始末。

▶ 用DV型测定树干的生长趋势。研究树干在机械力（风力，压力）作用下的变化，在竞争中的趋光性。

▶ 连续测量植物体内的含水量。除生长外植物体内的含水量也影响植物直径变化。通过数学模型或实际测量可以将两个变量分开，从而取得植物体内含水量的数据。

▶ 测定植物体水分饱和的时间。

▶ 连续测量植物体内的水势 (Xylem water potential)。

▶ 灌溉控制。根据生长速度确定灌溉时间和灌溉量

▶ 研究冬天树干破裂的原因。寻找冬天树干破裂的原因关键是准确确定树干破裂的时间和发生的过程。这两个数据都可用生长仪准确测定。

▶ 准确确定霜冻发生的时间。通过测量空气温度一般无法确定霜冻发生的时间，因为不同植物的冰点不一样。但所有植物在遭受霜冻时，其直径都发生剧烈变化。因此通过监测直径变化，可以准确确定霜冻发生的时间。

▶ 研究热带植物的生长规律。因热带季节不分明，树木没有年轮，植物生长节奏很难观测。通过连续测量茎干变化可以解决此难题。

# 植物生长测量仪

## Ecomatik生长测量仪的特点

植物生长测量仪的关键技术是在不伤害植物的情况下，如何将探头稳定地固定在植物体上。世界上其他厂家生产的植物生长测量仪重几百克，甚至上公斤。根本无法解决固定问题。ECOMATK开发的探头仅13克，加上几项受专利保护的固定技术，真正实现了探头和植物的稳定接触，同时不压迫，损伤植物，实现定点长期测量。

植物生长测量仪一般用于林地，交通不

便，没有电源。所以要求仪器耗电少，维护少，体积小，可以隐蔽使用。为此，我们研制成植物生长测量仪专用数采（详见数采部分），此数采仅85克，不用外接电源。一个小电池可保证使用两年以上。完全可以满足以上要求。

Ecomatik生长测量仪种类齐全，可以测量直径，半径，周长，纵向变化以及水果的直径。完全可满足各种要求。



**半径生长测量仪(DR型)**，适于直径大于8厘米的树。安装时树干上要钻两个直径4 mm 的小孔。



**直径生长测量仪(DD型)**，适于直径0到20厘米的任何植物（大于20厘米的可特制）。用专利方法固定，测点对植物没有压力，对植物没有损伤。



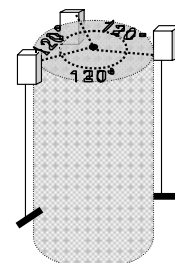
**周长生长测量仪(DC型)**，适于直径2到32厘米的任何植物（大于32厘米的可特制）。对植物没有损伤。



**周长生长测量仪(DC2型)**，直接测量周长变化60毫米。通过调整钢丝绳的长度，测量范围可连续扩大。适合测量直径2厘米以上的任何树。根据不同树径自动调节钢丝绳的拉力，从而大大提高了测量的灵敏度。对植物无任何伤害



**水果，蔬菜直径生长测量仪(DF型)**，适于直径0到11厘米的任何植物（大于11厘米的可特制）。对植物没有损伤。



**纵向变化测量仪(DV型)**，适于测量树干长度的纵向变化。安装时树干上要钻两个直径4 mm小洞。其测量结果可以提供以下信息：

1. 树干的弯曲(分辨率<0.17 分)。用于研究树木在外力（风，雪等）作用下或互相竞争中树干的变化。
2. 树干的稳定性。
3. 连续观测树体含水量或树体负压的变化（树干长度随树体含水量或树体负压的变化而变化）。

# 植物生长测量仪

## 实地测量结果

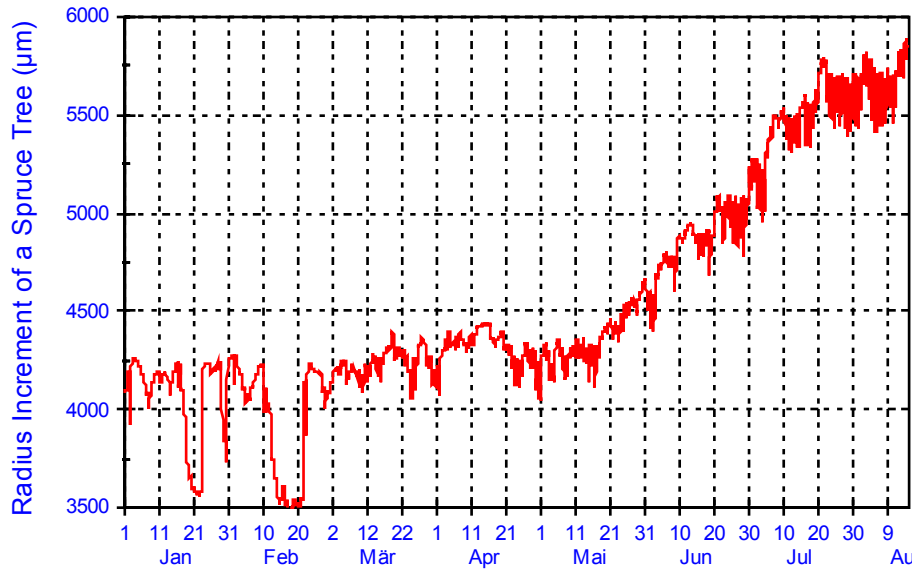


图 1，欧洲云杉半径的变化（用DR型测得）。

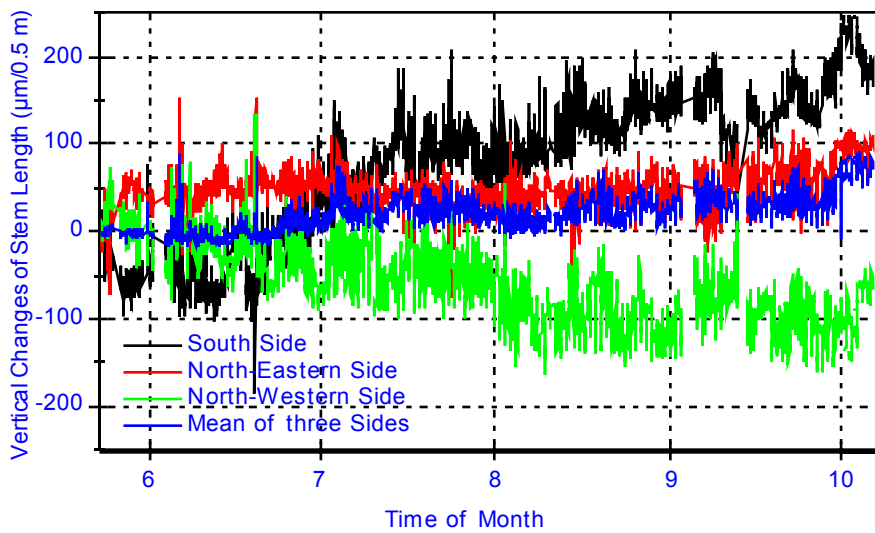


图 2，橡树树干在竞争过程中生长方向的变化（用3个DV型测得）。

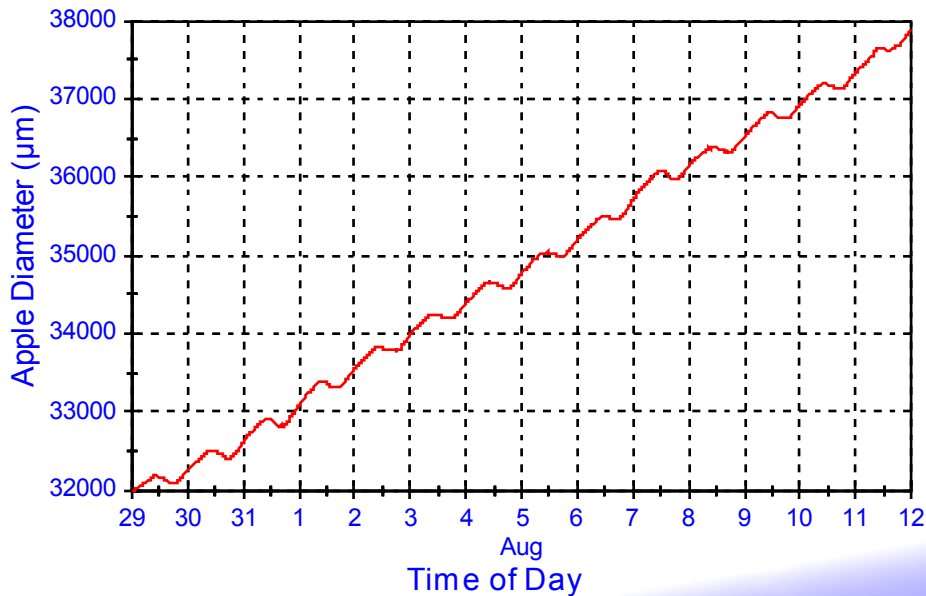


图 3，苹果生长曲线（用DF型测得）。

# 植物生长测量仪

## 生长测量仪的技术参数

型号	DD 直径生长测量仪	DF 水果蔬菜 生长测量仪	DR 半径生长测量仪	DC2 周长生长测量仪	DV 纵向变化测量仪
<b>固定装置</b>					
适应范围	树枝，树干及其他杆状植物器官的直径	水果蔬菜树干及其他球状植物器官的直径	树枝，树干的半径	树枝，树干及其他杆状植物器官的周长	树干纵向长度的变化
可测植物的尺寸	直径：从 0 到 20 cm (>20 cm 可特制)	直径：从 0 到 11 cm (>11 cm 可特制)	直径：大于 8 cm	直径：从 2 cm 以上	直径大于 8 cm
对测器官的损伤	无	无	树干上要钻两个直径4mm的小孔	无	树干上要钻两个直径4mm的小孔
温度系数	极小	极小	极小	合金钢丝绳的温度系数 $<1.4 \times 10^{-6}/K$	
材料	不锈钢，铝合金				
尺寸/重量	27×24×1.5 cm, 约 65 g	18×15×1.5 cm, < 52 g	14×15×1.5 cm, <60 g	合金钢丝绳<3 g	合金钢丝绳<3 g
<b>传感器</b>					
测量范围	11 mm, 通过重调测量范围可一直扩大				
准确性	用双通道测量：2 微米，用单通道或专用数采（u型数采）测量：7微米				
分辨率	取决于数采的分辨率，12 bit 数采：<5微米，用u型数采<7微米				
直线性	±0.5%				
输出	0 – 50 000 欧姆				
电源	无需电源				
温度系数	用双通道测量：<0.1微米/° C 用单通道测量：<0.04 %/° C				
适用环境	户外条件: 温度-30 - 40 °C, 空气湿度 0 - 100%				
重量	13 克（不含电缆）				
电缆长度	标准电缆长度 2 m, 可延长到100 m				
数据采集	连续观测用数采，同一般数采都可连用。本公司提供廉价适用的专用u型数采及以下配套数采：DL2e数采，Combi数采，Campbell 数采（详见数采部分）				

# 植物生长测量仪

## 应用植物生长测量仪产生的论文

- Otieno DO, Kurz-Besson C, Liu J, Schmidt MWT, Vale-Lobodo R, David TS, Siegwolf R, Pereira JS and Tenhunen JD: Seasonal Variations in Soil and Plant Water Status in a *Quercus suber* L. Stand: Roots as Determinants of Tree Productivity and Survival in the Mediterranean-type Ecosystem. *Plant and Soil*, 283, 119-135, 2006
- Otieno DO: Coordinated Tree Response to Drought – Vulnerability and Sustainable Production: Hypotheses on Arid Ecosystem Adjustments to Limitation in Water Resources. Doctoral Thesis, University Bayreuth, Germany, 2004
- Braeuning, A., Burchardt, I. (2006): Detection of growth dynamics in tree species of a tropical mountain rain forest in southern Ecuador, TRACE- Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 4: Proceedings of the DEDROSYMPOSIUM 2005, Fribourg 127-131
- Beeck C, Pude, R., Baab, G. und M. M. Blanke: Wie wirken Grünschnitt-Kompost und Miscanthusmulch auf die Bodenfeuchte, das Bodenleben sowie vegetatives und generatives Wachstum junger Apfelbäume? *Erwerbs-Obstbau*, im Druck, 2006
- Liu J.C., Firsching B.M., Payer H.D. (1995): Untersuchungen zur Wirkung von Stoffeinträgen, Trockenheit, Ernährung und Ozon auf die Fichtenerkrankung am Wank in den Kalkalpen. *GSF-Bericht* 18/95, 236 S.
- Liu J.C. (1995): Eine Methode zur Messung des vom Wassereffekt bereinigten Dickenwachses. *Forstliche Forschungsberichte München*, 153, 40-44.
- Liu J.C., Häberle K.H., Loris K. (1994): Untersuchungen zum Einfluß des Matrix-potentials auf Stammickenänderungen von Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.). *Pflanzenern. Bodenk.*, 158, 231-234.

# SF-L 茎流传感器



SF-L 茎流传感器是经过改进的第二代插针式茎流传感器 (thermal dissipation probe, TDP), 其优点在于:

- 测量精度大大提高
- 改变了第一代TDP不能测量夜间茎流的情况, 可准确测量夜间茎流
- 数据处理大大简化
- 探头可重复使用

## 第一代插针式茎流传感器 (SF-G) 的缺陷

法国人Granier (1985)发明的第一代插针式茎流传感器 (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。此假设违背植物生理学的基本原则。因为测量表明, 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, 夜间蒸腾和夜间体内含水量的提高都是不

可能的(Granier 1987; Liu et al. 1995 ; Do and Rocheteau, 2002)。

2) SF-G传感器假设植物体内纵向温度梯度为零。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, 其变化幅度达 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 。很明显, Granier的这种零温度梯度的假设完全不成立。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)。

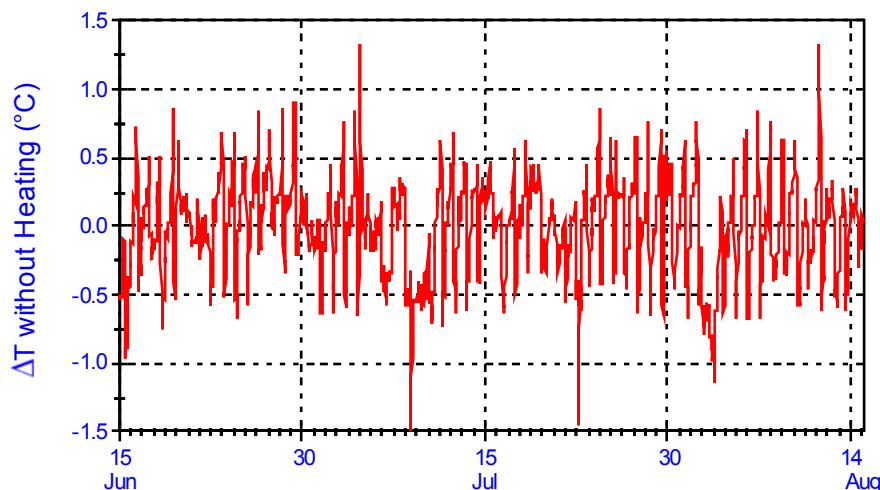


图 1, 一棵40年生欧洲云杉树干的纵向温度梯度。此数据是用SF-G传感器在没有加热的情况下所测得的。

## 第二代, 改进后的插针式茎流传感器 (SF-L)

第二代传感器主要从两个方面对SF-G传感器进行了改进:

1) 用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( $\Delta T$ )。

2) 同时监测树干直径变化, 合理确定茎流的零点。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。

# SF-L 茎流传感器

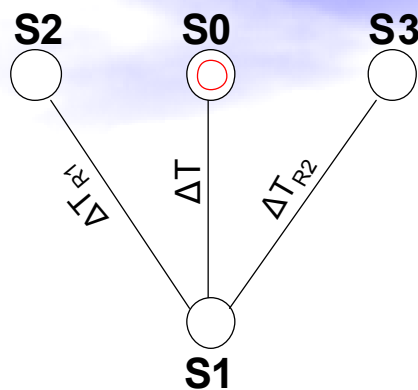


图 2, 第二代茎流传感器SF-L的组成

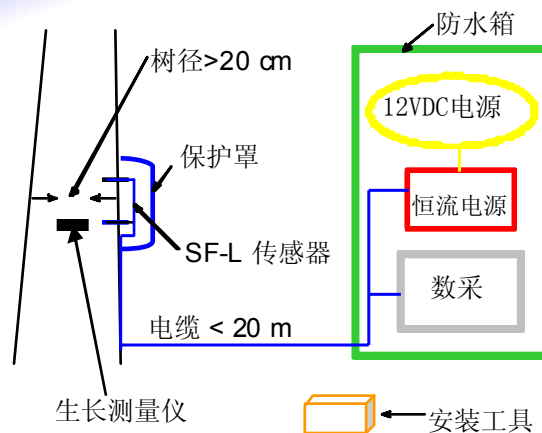


图 3, SF-L茎流测量系统的配置

## SF-L和SF-G传感器测量结果的比较

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(图4)。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。

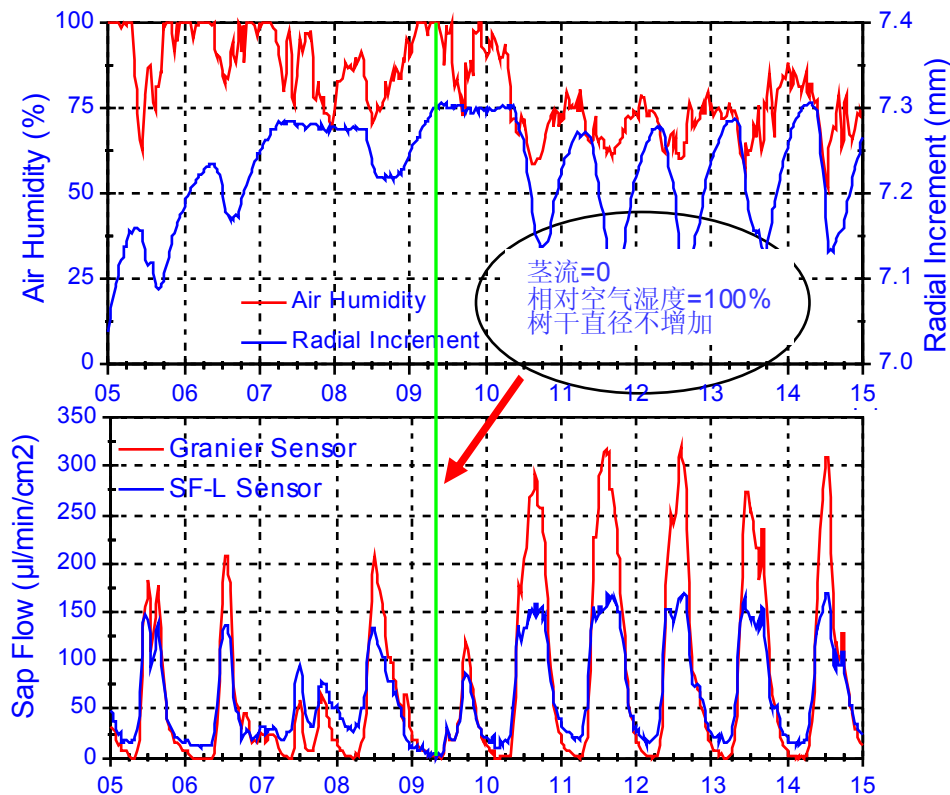


图 4, 上: 相对空气湿度(红线)和树干半径的变化(蓝线)。下: 用SF-L传感器(蓝线)和SF-G传感器(红线)在同一棵40年生欧洲云杉上测量的结果。

# SF-L 茎流传感器

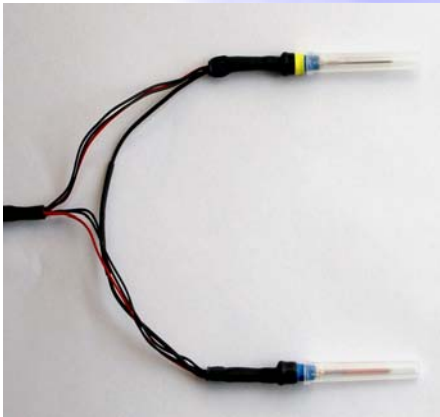
## 技术参数

型号	SF-L33	SF-L43	SF-L63
针长/加热丝长	33/20 mm	43/20 mm	63/20 mm
组成	4 针式		
电缆长度	5 米, 可延长到20米		
适于树径	直径>20 厘米		
耗电	0.2瓦 +/-5%, 84 毫安, 直流		
输出	-100 到 1000 微伏		
数采	同一般数采都可连用。本公司提供以下配套数采: DL2e数采 Combi 数采, Campbell数采 (详见数采部分)		
电源	12-15 伏直流		

## 参考文献

- Granier A (1985): Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres, Ann. Sci. For., 1985, 42 (2), 193-200.
- Granier A (1987): Mesure du flux de sève brute dans le tronc du Douglas par une nouvelle méthode thermique. Ann. Sc. For., Seichamps, 44.
- Liu J C, Firsching B M, Payer H D (1995): Untersuchungen zur Wirkung von Stoffeinträgen, Trockenheit, Ernährung und Ozon auf die Fichtenerkrankung am Wank in den Kalkalpen. GSF-Bericht 18/95, 236 S.
- Do F and Rocheteau A (2002): Influence of natural temperature gradients on measurements of xylem sap flow with thermal dissipation probes. 1. Field observations and possible remedies. Tree Physiology 22, 641-648.
- Do F and Rocheteau A (2002): Influence of natural temperature gradients on measurements of xylem sap flow with thermal dissipation probes. 2. Advantages and calibration of a non continuous heating system. Tree Physiology 22, 649-654.
- Pearcy R W, Ehleringer J, Mooney H A and Rundel P W (1989): Plant Physiological Ecology – Field Methods and Instrumentation. Chapman and Hall.

# SF-G 茎流传感器



**用途：**SF-G茎流仪是由法国人GRANIER发明的测量白天茎流的探针式仪器。为计算白天的茎流，必须将夜间的茎流定为零。

**组成：**SF-G由两个探针和一个衡流电源组成。

**工作原理：**两个探针插入树干上下不同部位，上部探针用衡流加温，两个探针之间形成温差。水流上升时，带走热量，两个探针之间温差变小。温差和茎流之间具有函数关系。通过测量温差算出茎流。

**必须配套设备：**12V 直流电源，数据采集器。

## 技术参数

型号	SF-G33	SF-G43	SF-G63
针长/加热丝长	33/20 mm	43/20 mm	63/20 mm
组成	2 针式		
电缆长度	5 米, 可延长到20米		
适于树径	直径>5 厘米		
耗电	0.2瓦 +/-5%, 84 毫安, 直流		
输出	0 到 1000 微伏		
数采	同一般数采都可连用。本公司提供以下配套数采：DL2e数采 Combi 数采, Campbell数采（详见数采部分）		
电源	12-15 伏直流		

# 土壤水势，节水灌溉自动控制系统（MPC）

土壤水势，节水灌溉自动控制系统 (MPC, Matric Potential Control System) 是土壤水势仪的衍生产品。

## ● 功能

通过控制给水量，能将土壤水势控制在给定的范围。并能连续纪录取得的土壤水势。

## ● 用途

1. 为植物生理研究提供衡稳的土壤水势。是研究不同土壤水势对植物影响的不可缺少的工具。

2. 自动控制灌溉系统，实现按给定的水势范围进行灌溉。

## ● 工作原理

此系统由三部分组成：GP1数采，EQ15水势仪和具有控时功能的电磁阀门。

GP1比较预置水势和EQ15水势仪的测量结果，自动控制电磁阀门的开启或关闭，从而实现土壤水势的自动控制。



土壤水势，节水灌溉自动控制系统（MPC）

# 数据采集器

## 生长测量仪专配数采—U型数采



U型数采

型号	Ulogger
通道	模拟：4（可同时连接4个生长测量仪）
分辨率	12bit
内存	32K，可存21600个数据
液晶屏	无
使用环境	户外，自带防水箱
接口	RS232
电源供应	无需外接电源，内装小电池保证使用两年以上
软件	含
必备配件	无
配套说明	可同时联接4个生长测量仪/温度计，体积小，无需外接电源，可在户外长期隐蔽使用。

## 土壤水势仪/生长测量仪专配数采



GP1数采

型号	GP1
通道	模拟：2（可同时连接2个EQ15水势仪）
分辨率	12bit
内存	600K
液晶屏	无
使用环境	户外，防水密封
接口	RS232
电源供应	一般无需外接电源，内装1个9V电池
软件	含
配套说明	可同时联接2个土壤水势仪，2个生长测量仪，无需外接电源，内装1个9V电池可用一年。



DL6数采

型号	DL6
通道	模拟：6（可同时连接6个EQ15水势仪）
分辨率	12bit
内存	16K，可存16000个数据
液晶屏	无
使用环境	户外，防水密封
接口	RS232
电源供应	一般无需外接电源，内装6个小电池
软件	含
配套说明	可同时联接6个土壤水势仪，无需外接电源，内装6个小电池可用半年。

# 数据采集器

## 多用途数采



Combi多用途数采

名称/型号	Combilogger/1020
通道	模拟：8 数字：6 继电器：0
分辨率	16bit
内存	256K, 可扩大到10M
液晶屏	有
使用环境	不防水，户外使用需要保护箱
接口	RS232, RS485
电源供应	外接10-18V直流
软件	含
必备配件	户外使用保护箱，外接10-18V直流电源
可配探头	单接：8 EQ15 水势仪 8 植物生长仪 2 SF-L茎流仪 8 SF-G茎流仪 不同探头可混接



DL2e多用途数采

名称/型号	DL2e
通道	模拟：30(可扩大到60) 数字：2 继电器：2
分辨率	12bit
液晶屏	有
内存	256K
使用环境	防水设计，可户外使用
接口	RS232
电源供应	内装干电池或外接7-15V直流
软件	含
必备配件	无
可配探头	单接：15-60 EQ15 水势仪 15-60 植物生长仪 5-20 SF-L茎流仪 15-60 SF-G茎流仪 不同探头可混接

ECOMATIK  
Muenchner Str 22  
85221 Dachau/Munich  
Germany  
Tel: +49 8131 260 738  
Fax: +49 8131 274 434  
website: [www.ecomatik.de](http://www.ecomatik.de)  
e-mail: [info@ecomatik.de](mailto:info@ecomatik.de)