

# 树干液流进程与太阳辐射的关系\*

徐军亮<sup>1</sup>, 马履一<sup>1</sup>, 王华田<sup>2</sup>, 樊敏<sup>1</sup>, 李丽萍<sup>1</sup>

(1 北京林业大学资源与环境学院 北京 100083

2 山东农业大学林学院 山东泰安 271018)

**摘要:** 为了系统研究太阳辐射与边材液流时间进程间的关系, 本文利用热扩散式边材液流测定系统 (TDP-30) 和自动气象站对京西山区侧柏和油松边材液流速率 (SFV, Sap Flow Velocity) 和太阳辐射强度 (ESR, Effective Solar Radiation) 等环境因子进行了为期一年的同步监测。结果表明, 晴天条件下, 不同季节太阳辐射和树干液流时间特征的变化呈现很大差异: 液流的启动时间, 一般滞后于太阳辐射 1.5-3hr, 油松和侧柏相差不大; 液流高峰出现以及液流停止的时间变化不一, 与太阳辐射相差较大; 液流持续时间在不同季节差异明显, 秋季相对平稳, 春夏两季变化较大, 这与北京地区气候因子的变化节律有关; 油松和侧柏液流速率的日变化格局与太阳辐射强度一致, 但要滞后于太阳辐射 0-3hr。液流启动与光照紧密相关。液流速率的季节模型表明, 三次曲线的拟合效果最佳, 利用太阳辐射模拟树种的季节耗水模型更具实用性, 但还有待于优化。

**关键词:** 侧柏 油松 时间进程 太阳辐射 边材液流速率

不同树种耗水量的差异是长期自然选择的结果, 除了受树木的生物学结构、土壤供水水平影响外, 还受到周围气象因子的制约 (孙鹏森等, 2000; 孙鹏森和马履一, 2002; 张宁南等, 2003)。相关研究表明, 土壤水分条件缺乏的情况下, 树木耗水量与土壤含水量和辐射强度的相关性显著 (McIlroy, 1984; 孙鹏森和马履一, 2002); 当土壤含水量相对充足时, 树木耗水量则与直接作用于蒸腾作用介质 (以叶片为主) 的蒸汽压亏缺和辐射强度等环境因子的更为相关 (张宁南等, 2003; Chelcy et al., 2004)。可以看出, 随着土壤环境尤其是土壤含水量的变化, 影响树木耗水的主导环境因子也在发生变化 (刘奉觉和郑世锴, 1992; Linton et al., 1998; Granier, 1987; 周海燕, 1998; Khalil & Grace, 1992; Kolb & Sperry, 1999; Schneider et al., 1999; Milburn, 1996)。因此, 系统研究并掌握某一主导环境因子的变化规律, 对于建立科学合理的耗水模型具有非常重要的意义。

一些研究者认为, 太阳辐射对树干液流起到直接作用 (Hinckley & Brooks, 1994; 孙鹏森和马履一, 2002) 或间接作用 (Martin, 2000), 液流变化与太阳辐射日格局相一致。在国内以前的研究中, 树干液流和太阳辐射的时间进程间的关系往往局限于较为短暂的几天内, 而且只强调液流特征值 (启动、高峰和停止等) 的定性描述, 缺少相关的统计检验以及液流特征值与环境因子日变化进程之间的生态学同步性研究, 同样国外的研究中也并没有注重两者的不同步性 (Chelcy et al., 2004)。

研究液流和太阳辐射时间进程 (特征量和日季变化) 之间的关系有助于分析两者的生态学同步性及其日变化格局的差异性。本文的研究目的是: (1) 描述液流和太阳辐射时间进程的日变化和季节变化, 尤其是他们各自特征值的变化; (2) 揭示在液流和太阳辐射的时间进程特征量之间是否存在较好的定量相关性, 找到太阳辐射对液流影响最为剧烈的时段; (3) 利用太阳辐射模拟边材液流速率的变化。对油松和侧柏人工林的液流进行的为期一年的测定为实现这些目的提供了一个理想的平台。本文的另外一个目的是为树木耗水模型的建立提供一些可行的理论依据。

## 1 试验地概况

在北京西山林场 (E116° 25', N 39° 54') 的油松和侧柏纯林内开展本项研究, 该地区属温带大陆性气候, 冬季寒冷干燥, 夏季温暖湿润。年平均气温 12.8℃, 年均有效积温 4 500℃以上, 年平均降水量在 600mm 左右, 其中 7、8、9 三个月份降水量占全年的 70% 以上。年平均蒸发量约为 1

\* 基金项目: 国家自然科学基金 (30371147, 2003)、教育部高等学校博士点基金 (20030022009, 2003)、北京市自然科学基金 (6052016, 2004) 和省部共建重点实验室基金 (JD100220535, 2005)。

第一作者: 徐军亮, 男, 1979 年生, 博士, 主要研究方向: 树木水分生理生态, E-mail: [xjl\\_790626@126.com](mailto:xjl_790626@126.com);

责任作者: 马履一, 男, 1957 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向 森林培育及树木水分生理生态。

800-2 000mm。试验林地为 48 年生的人工林，位于低山，海拔约 170m，坡度 16°。土壤以砂页岩坡积物上发育而成的山地粗骨褐土和山地淋溶褐土为主，土层厚度多在 80cm 左右，壤土或沙壤土，通气透水性较好。现有林分多为五六十年代营造的人工林，有侧柏(*Platycladus orientalis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、元宝枫(*Acer truncatum*)、黄栌(*Cotinus coggygia* var. *cinerea*)等树种，林相整齐，生长良好。林下灌木阴坡以三娅绣线菊(*Spiraea trilobata*)、大花溲疏(*Deutzia grandiflora*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、小叶鼠李(*Rhamnus parvifolia*)和蚂蚱腿子(*Myrtilis dioica*)等为主，阳坡以荆条(*Vitex* var. *heterophylla*)和酸枣(*Zizyphus spinosus*)为主。

## 2 试验方法

在林分调查的基础上，于 2004 年 6 月在侧柏和油松纯林内选择生长良好的林分平均木作为被测单株（侧柏： $D_{1.3}=15.6\text{cm}$ ， $H=9.7\text{m}$ ；油松： $D_{1.3}=16.5\text{cm}$ ， $H=6.7\text{m}$ ），在树干基部 1.3 m 左右（要求测定部位±50 cm 内无节疤或损伤）插入热扩散式边材液流探针(TDP-30, Thermal Dissipation Probe, Delta-T Devices Ltd, Cambridge, U.K.)测定树木的边材液流速率。探针的安装及测定原理详见 Granier (1987) 和王华田 (2002)。将 TDP 馈线与数据采集器(DI2e Data Logger, Delta-T Devices Ltd, Cambridge, U.K.)连接，用以自动采集和记录液流数据。另外，利用自动气象站(WS-UM, Delta-T Devices Ltd, Cambridge, U.K.)同步监测太阳辐射(GS1&2, 树冠上层 3m 处)等环境因子。数据采集间隔期为 10min（每 5min 测定一次，取其平均值进行记录）。

利用 Delta-T (U.K.)公司提供的数据处理软件计算树干边材液流速率，同时选择有代表性的晴天（详见表 1），利用 SPSS12.0 软件对太阳辐射强度和边材液流速率的统计关系进行处理分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 太阳辐射和边材液流的时间进程

#### 3.1.1 启动

从表 1 可以看出，不同季节太阳辐射开始明显增强的时间和液流的启动时间有一定的差异。太阳辐射春秋季在 06:30 左右开始明显增强，夏季在 05:30 左右开始明显增强；油松液流春季在 10:00-12:00 间开始启动，夏季在 07:00-08:30 间开始启动，秋季在 08:10-09:10 间开始启动；侧柏液流春季在 09:00-09:30 间开始启动，夏季在 7-8 点间开始启动，秋季在 08:30-09:30 间开始启动。所以，油松液流夏秋两季在林冠上层太阳辐射明显增强 1.5-3hr 后才得以启动，而春季要在 3.5 个小时以后才得以启动。而侧柏液流在林冠上层太阳辐射明显增强 2-3hr 后才得以启动，夏季较早，春秋两季相差不大。

#### 3.1.2 高峰

与启动时间相比，不同季节太阳辐射和液流到达高峰时间的变动幅度相对较大（见表 1）。太阳辐射春季在 11 点至 13 点之间达到峰值，夏季在 10:30 至 12:30 之间达到峰值，秋季在 11:30 至 13 点之间达到峰值；油松液流春季在启动 290-400min 后于 16-17 点达到峰值，夏季在启动 170-460min 后于 10:30-15:00 点达到峰值，秋季在启动 190-310min 后于 12:30-14:00 点达到峰值；侧柏液流春季在启动 150-280min 后于 11:30-13:30 点达到峰值，夏季在启动 90-280min 后于 10-11 点达到峰值，秋季在启动 90-170min 后于 10:30-11:30 点达到峰值。液流上升的持续时间不同季节差异明显，而且变化较大，春秋两季变化幅度相对较小，油松约为 18.5%-26%，侧柏约为 30%。与太阳辐射相比，油松液流峰值出现的时间春季约滞后 3.5-5.5hr，夏季约滞后 0-3hr，秋季约滞后 0.5-1.5hr；侧柏液流峰值出现的时间春季约滞后 0.5-1hr，而夏秋季约提前 0.5-1.5hr。油松日平均液流峰值的大小不同季节差异不大：夏季( $0.0012\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )>秋季( $0.0011\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )>春季( $0.0009\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )；而侧柏日平均液流峰值的大小春季明显较高（高出约 159.4%-177.3%），而且波动幅度较大（13.5%-73.1%），这一现象可能与春季侧柏液流的测定受外界环境温度影响较大有关，还有待于进一步的深入研究。

#### 3.1.3 停止

不同季节太阳辐射和液流停止的时间也有所差别(见表1)。太阳辐射在春夏秋各季分别从18:10、19:00、17:30左右开始明显减弱;油松液流春季在峰值出现310-740min后于次日凌晨03:30-04:30点才趋于停止,夏季在峰值出现230-600min后于19-21点趋于停止,秋季在峰值出现340-450min后于18:30-20:00点趋于停止;侧柏液流春季在峰值出现370-630min后于20-21点趋于停止,夏季在峰值出现520-710min后于20-22点趋于停止,秋季在峰值出现510-550min后于19:30-20:30点趋于停止。可以看出,液流下降的持续时间不同季节差异明显,而且变化较大,春季变幅最大(油松-48.7%;侧柏-26%),秋季变幅最小(油松-13.9%;侧柏-3.8%)。与太阳辐射相比,油松液流停止时间春季滞后9.5-10.5hr,夏季滞后0-2hr,秋季滞后0.5-2.5hr;而侧柏液流停止时间任一季节均滞后2-3hr。

表1 不同季节太阳辐射和边材液流的时间进程

Table 1 Time process of ESR and sap flow in different seasons

项 目	太阳辐射			侧柏边材液流				油松边材液流				
	启动	高峰	停止	启动	高峰	峰值(cm·s <sup>-1</sup> )	停止	启动	高峰	峰值(cm·s <sup>-1</sup> )	停止	
春 季	Mar.23	06:30	11:00	18:10	08:50	13:30	0.0016	19:40				
	Mar.24	06:30	11:20	18:10	09:40	14:00	0.0045	20:10	12:00	16:50	0.0006	03:30
	Mar.25	06:30	10:50	18:10	09:20	12:00	0.0060	21:00	10:00	16:40	0.0011	04:40
	Apr.2	06:20	12:50	18:10	09:10	11:40	0.0030	20:30	09:50	16:20	0.0006	21:30
	Apr.3	06:20	11:50	18:20	09:20	11:50	0.0027	20:20	10:10	16:00	0.0012	04:20
夏 季	Apr.4	06:20	10:50	18:10	09:10	12:30	0.0030	23:00	10:30	16:20	0.0010	03:30
	May 18	05:20	11:10	19:00	07:20	10:00	0.0025	21:20	08:30	11:20	0.0016	20:20
	May 19	05:20	10:40	19:10	07:30	10:10	0.0019	22:00	07:00	10:40	0.0016	20:40
	May 20	05:10	10:50	18:50	07:30	10:40	0.0018	21:50	07:40	10:40	0.0014	20:10
	Jun.21	05:00	11:10	19:00	07:10	11:50	0.0015	20:30	08:00	13:10	0.0014	20:20
	Jun.22	05:20	10:40	18:40	07:00	10:30	0.0014	21:30	08:10	13:20	0.0012	20:40
	Jun.23	05:00	11:10	19:30	07:00	10:30	0.0010	21:10	08:00	13:00	0.0009	20:00
	Jul.27	05:10	12:20	18:50	07:50	09:20	0.0008	20:10	08:00	14:50	0.0003	18:40
	Jul.28	05:30	12:10	19:10	07:20	11:00	0.0007	20:00	07:20	15:00	0.0008	20:20
	Aug.18	05:40	12:10	18:20	08:10	10:20	0.0012	20:50	08:30	13:40	0.0018	19:10
秋 季	Aug.19	05:50	12:40	18:10	07:30	10:50	0.0011	22:40	07:50	13:40	0.0015	19:00
	Aug.20	05:50	12:00	18:40	08:00	10:20	0.0008	22:00	08:10	12:10	0.0008	19:20
	Sep.9	06:20	12:20	17:50	08:20	11:10	0.0015	20:20	08:10	13:10	0.0023	18:40
	Sep.10	06:20	11:40	18:00	08:40	10:30	0.0008	19:10	08:50	13:10	0.0010	18:20
	Sep.11	06:20	12:10	18:00	08:40	10:50	0.0009	19:50	08:40	13:50	0.0009	18:30
	Oct.3	06:40	12:10	17:30	09:00	11:10	0.0016	20:20	09:10	12:30	0.0009	20:00
	Oct.4	06:30	11:40	17:20	09:10	10:50	0.0014	19:40	09:10	12:50	0.0009	19:40
Oct.5	06:40	13:00	17:20	09:30	11:00	0.0013	19:30	09:10	12:20	0.0008	19:10	

### 3.1.4 小结

总的来说,不同季节太阳辐射和树干液流时间特征的变化呈现很大差异。(1)液流的启动时间,一般均滞后于太阳辐射1.5-3hr,油松和侧柏相差不大,春季油松液流的启动时间相对较晚,多在林冠上层太阳辐射明显增强3.5hr以后才得以启动。(2)液流高峰出现的时间,与太阳辐射相差较大。与太阳辐射相比,油松液流峰值出现的时间春季约滞后3.5-5.5hr,夏季约滞后0-3hr,秋季约滞后0.5-1.5hr;侧柏液流峰值出现的时间春季约滞后0.5-1hr,而夏秋季约提前0.5-1.5hr。(3)液流的停止时间也是变化不一。与太阳辐射相比,油松液流停止时间春季滞后9.5-10.5hr,夏季滞后0-2hr,秋季滞后0.5-2.5hr;而侧柏液流停止时间任一季节均滞后2-3hr。(4)液流持续时间(包括上升和下降)在不同季节差异明显,秋季相对平稳,春夏两季变化较大,没有表现出良好的规律性。(5)

油松和侧柏流速率的日变化格局与太阳辐射强度一致，都呈现明显的单峰曲线，总的来说，液流速率的日变化要滞后太阳辐射 0-3hr。

因为太阳辐射主要通过影响气孔运动和气孔内外蒸汽压差制约蒸腾速率的大小(潘瑞炽, 2001)，进而影响液流速率的变化，所以，太阳辐射是间接影响树干液流变化格局的，即太阳辐射增高，气孔导度增大，树干液流加快 (Martin, 2000)。油松春季液流停止时间滞后太阳辐射较长的结果与孙鹏森等 (2000) 的研究结果一致，认为与树木遭受水分胁迫时夜间补充水分的过程有关。液流持续

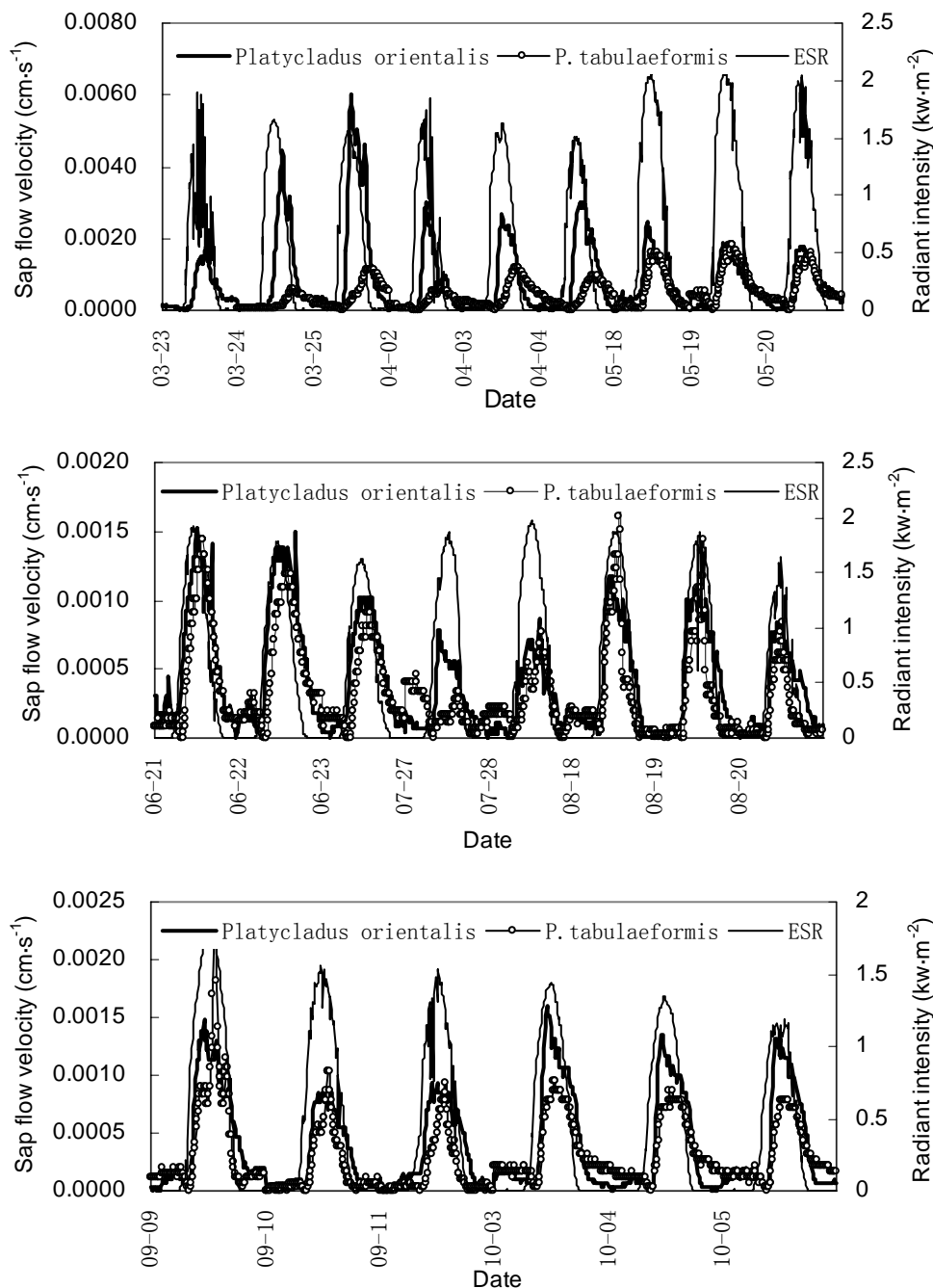


图 1 不同季节太阳辐射和油松边材液流的时间进程

Time process of ESR and SFV of *Pinus tabulaeformis* in different seasons

时间的差异与不同季节气候因子的变化节律有关，北京地区春季多风，夏季炎热，所以液流持续时间的长短在春夏两季变化幅度较大；秋季气候温和，所以液流变化相对平稳。

### 3.2 太阳辐射与边材液流的统计关系

### 3.2.1 时间进程特征量间的相关性分析

为了更好的说明太阳辐射和树干液流之间的关系，本文对上述一年内太阳辐射和树干液流的相同时间进程特征量(A-启动时刻；B-到达峰值时刻；C-停止时刻；D-上升持续时间；E-下降持续时间；F-日总持续时间；G-上升速率；H-下降速率)进行了相关性分析 (n=30)。

表 2 太阳辐射和边材液流相同特征量间的相关性  
Tab.2 Coefficient relevance of same characters in ESR and SFV

Correl	A	B	C	D	E	F	G	H
侧柏	0.92**	-0.13	0.39	-0.15	0.37	0.69**	0.30	-0.21
油松	0.70**	0.13	0.19	0.20	0.39	-0.05	0.39	0.54**

结果(表 2)表明：就油松而言，液流的启动时刻和日总持续时间与相对应的太阳辐射特征量表现为相关性极显著；就侧柏而言，液流的启动时刻和下降速率与相对应的太阳辐射特征量表现为相关性极显著。由此可以看出，除两者的启动时刻表现为极显著相关外，太阳辐射和树干液流的其它时间进程特征量之间并没有表现出较好的相关性，太阳辐射和液流时间进程的各特征量之间的关系很难从统计学的角度加以量化，在实际工作中只需进行简单的定性描述即可。太阳辐射对树干液流的直接或间接作用在液流的启动时刻表现得更为明显，这一结论与孙鹏森等(2000)和司建华等(2004)的观点一致。

### 3.2.2 液流变化的模拟

将线性、二次、生长、三次、幂、S 和指数模型作为入选模型，寻找不同季节二者间的最优拟合模型，结果表明，不同季节三次曲线的拟合效果最佳，表现出较高的相关系数(表 3)。

表 3 不同季节不同模型对液流速率和辐射强度关系的拟合效果  
Fig.3 Curve fitting for SFV and ESR by different in different seasons

树种	季节	模型	R <sup>2</sup>	自由 度	F 值	显著性 水平	系数(×10 <sup>-4</sup> )			
							b0	b1	b2	b3
侧柏	春季	Cubic	0.376	862	172.49	0.000	2	40	-35	10
	夏季	Cubic	0.697	1582	1210.29	0.000	2	13	-12	5
	秋季	Cubic	0.703	862	677.02	0.000	1	9	-5	2
	全年	Cubic	0.362	3308	626.45	0.000	2	17	-11	3
油松	春季	Cubic	0.172	716	49.65	0.000	3	15	-22	8
	夏季	Cubic	0.389	1580	335.14	0.000	2	9	-8	-8
	秋季	Cubic	0.572	860	382.76	0.000	1	6	-7	4
	全年	Cubic	0.273	3164	396.21	0.000	2	10	-12	5

总的来说，不同季节不同树种的拟合效果相差较大。油松秋季和侧柏夏秋季的拟合效果最佳，春季和全年的拟合效果整体较差。说明在四季气候差异较为明显的条件下，利用太阳辐射模拟树种的季节耗水模型较年耗水模型更具现实意义。但是由于自变量单一，没有对影响液流变化更为直接的一些因子进行综合考虑，所以还有待于通过多元回归的方式去优化这些模型，以减少太阳辐射、气温和风速等因子较高的情况下模型预测可能带来的偏差。

## 4 结论与讨论

不同季节太阳辐射和树干液流时间特征的变化呈现很大差异。侧柏液流的启动和停止时间，一般滞后于太阳辐射 2-3hr，液流峰值出现的时间春季滞后太阳辐射约 0.5-1hr，夏秋季提前太阳辐射约 0.5-1.5hr。油松液流的启动时间、高峰出现时间以及液流停止时间，一般滞后于太阳辐射 0-3hr，春

季滞后时间相对较长,多在 3.5hr 以上,甚至更长。液流持续时间(包括上升和下降)在不同季节差异明显,秋季相对平稳,春夏两季变化较大,没有表现出良好的规律性。油松和侧柏液流速率的日变化格局与太阳辐射强度一致,都呈现明显的单峰曲线,总的来说,液流速率的日变化要滞后太阳辐射 0-3hr。

除启动时刻外,太阳辐射和树干液流的其它时间进程特征量之间没有表现出较好的相关性,液流启动与光照紧密相关。

利用太阳辐射强度模拟的液流速率的季节模型表明,三次曲线的拟合效果最佳,表现出较高的相关系数,不同季节不同树种的拟合效果相差较大,油松秋季和侧柏夏秋季的拟合效果最佳,春季和全年的拟合效果整体较差。

## 参考文献

- Chelcy, R.F., E.G. Carol, J.M. Robert, E.W. Rodney & O.T. Robert. 2004. Diurnal and seasonal variability in the radial distribution of sap flow: predicting total stem flow in *Pinus taeda* trees. *Tree Physiology* 24,941-950
- Granier, A. 1985. A new method of sap flow measurement in tree stems. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Ann. For. Sci.* 42:193-200
- Granier, A. 1987. Evaluation of transpiration in a Douglas fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiology* 3, 309-320
- Hinckley TM, Brooks JR, Cermak J, et al..1994. Water flux in a hybrid poplar stand. *Tree Physiology*,14:1005-1018
- Khalil, A.A.M., & J. Grace. 1992. Acclimation to drought in *Acer pseudoplatanus* L. (Sycamore) seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 43(257):1591-1602
- Kolb, K.J., & J.S. Sperry. 1999. Differences in drought adaptation between subspecies of sagebrush (*Artemisia tridentata*) *Ecology*, 80(7):2373-2384
- Linton, M.J., J.S. Sperry & D.G. Williams. 1998. Limits to water transport in *Juniperus osteosperma* and *Pinus edulis*: implications for drought tolerance and regulation of transpiration. *Functional Ecology*, 12(6):906-911
- Liu F J, Zheng S K. 1992. Research on water physiology of *Populus*. Beijing: Beijing Agricultural University Press. (in Chinese)
- Martin TA. 2000. Winter season tree sap flow and stand transpiration in an intensively-managed loblolly and slash pine plantation. *Journal of Sustainable Forestry*, 10(1/2):155-163
- McIlroy, I.C. 1984. Terminology and concepts in natural evaporation. *Agriculture Water Management* 8, 77-98
- Milburn J A. 1996. Sap ascent in vascular plants: challengers to the cohesion theory ignore the significance of immature xylem and the recycling of munched water. *Ann Bot.*78(4):399-407
- Pan, R.Z. 2001. Plant Physiology. Beijing: Higher education Press. (in Chinese)
- Schneider, H., F. Thurmer, J.J. Zhu, N. Wistuba, P. Gessner, K. Lindner, B. Herrmann, G. Zimmermann, W. Hartung, F.W. Bentrup & U. Zimmerman. 1999. Diurnal changes in xylem pressure of the hydrated resurrection plant *Myrohamnus flabellifolia*: evidence for lipid bodies in conducting xylem vessels. *New Phytologist*, 143(3):471-484
- Si J. H., Feng Q, Zhang X. Y. Application of heat-pulse technique to determine the stem sap flow of *Populus euphratica*. *Journal of glaciology and geocryology*, 2004,26(4):503-508
- Sun, P.S. & L.Y. Ma. 2002. Research and application on water consumption characteristics of water conservation tree species. Beijing: Environmental Sciences Press. (in Chinese)
- Sun, P.S., L.Y. Ma, X.P. Wang & M.P. Zhai. 2000. Temporal and special variation of sap flow of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*). *Journal of Beijing Forestry University*, 2000,22(5):1-6. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, N.N, D.P. Xu, Jim Morris, G. Y. Zhou, G. Y. Zhou & Z. M. Wu. 2003. Characteristics of Sap Flow in *Eucalyptus urophylla* Plantations on the Leizhou Peninsula. *Forest Research*,16(6):661-667. (in Chinese with English abstract)
- Zhou, H. Y.. 1998. Effect of rainfall on the transpiration rate and internal factors of *Populus cathayana*. *Journal of Arid Land Resources and Environment*,12(2):62-66. (in Chinese with English abstract)

## Relationship between ESR and Sap Flow Process

Junliang Xu<sup>1</sup>, Luyi Ma<sup>1</sup>, Huatian Wang<sup>2</sup>, Min Fan<sup>1</sup>, Liping Li<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> College of Resources and Environment of Beijing Forestry University, Beijing, 100083)

(<sup>2</sup> Forestry Department of Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong, 271018)

### Abstract

In order to explore the relationship between time process of solar radiation and sap flow, Sap Flow Velocity of *Platycladus orientalis* and *Pinus tabulaeformis*, Effective Solar Radiation and other environmental factors were synchronously monitored for one year in Beijing Western Mountains by using TDP system (TDP-30) and automatic weather station. Results showed significant differences were found between changes of time characters of ESR and sap flow in sunny days of different seasons. Starting times of sap flow were generally 1.5-3 hours later than those of solar radiation, and there were small differences between *Platycladus orientalis* and *Pinus tabulaeformis*. Peak time and stopping time of sap flow varied highly with great contrasts to ESR. Duration time of sap flow showed obvious differences among different seasons owing to the varied rhythms of climate factors in Beijing. Fluctuation amplitude of duration time ran relatively stable in autumn and changed greatly in spring and summer. It appeared good concordance between daily change configuration of sap flow velocity and solar radiation intensity, while daily change of sap flow velocity were generally 1.5-3 hours later than that of solar radiation. There existed significant correlation between sap flow initiation and solar radiation intensity. Seasonal models of sap flow velocity indicated that cubic curve had the best fitting result. It was more practical to simulate seasonal water consumption models of trees from ESR. Furthermore, these models should be optimized later.

**Keywords:** *Platycladus orientalis*, *Pinus tabulaeformis*, Time process, Solar radiation, Sap flow velocity