

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第11期 Vol.33 No.11 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第33卷第11期 2013年6月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 新一代 Landsat 系列卫星: Landsat 8 遥感影像新增特征及其生态环境意义 徐涵秋, 唐菲 (3249)
- 两种自然保护区设计方法——数学建模和计算机模拟 王宜成 (3258)
- 家域研究进展 张晋东, Vanessa HULL, 欧阳志云 (3269)
- 浅水湖泊生态系统稳态转换的阈值判定方法 李玉照, 刘永, 赵磊, 等 (3280)
- 辐射传输模型多尺度反演植被理化参数研究进展 肖艳芳, 周德民, 赵文吉 (3291)
- 微囊藻毒素对陆生植物的污染途径及累积研究进展 靳红梅, 常志州 (3298)

个体与基础生态

- 年龄、性别及季节因素对千岛湖岛屿社鼠最大活动距离的影响 叶彬, 沈良良, 鲍毅新, 等 (3311)
- 寄主大小及寄生顺序对蝇蛹佣小蜂寄生策略的影响 詹月平, 周敏, 贺张, 等 (3318)
- 两种苹果砧木根系水力结构及其 PV 曲线水分参数对干旱胁迫的响应
..... 张林森, 张海亭, 胡景江, 等 (3324)
- 三种根系分泌脂肪酸对花生生长和土壤酶活性的影响 刘苹, 赵海军, 仲子文, 等 (3332)

种群、群落和生态系统

- 象山港春季网采浮游植物的分布特征及其影响因素 江志兵, 朱旭宇, 高瑜, 等 (3340)
- 洞头海域网采浮游植物的月际变化 朱旭宇, 黄伟, 曾江宁, 等 (3351)
- 狗牙根与牛鞭草在三峡库区消落带水淹结束后的抗氧化酶活力 李兆佳, 熊高明, 邓龙强, 等 (3362)
- 三亚岩相潮间带底栖海藻群落结构及其季节变化 陈自强, 寿鹿, 廖一波, 等 (3370)
- 长期围封对不同放牧强度下草地植物和 AM 真菌群落恢复的影响 周文萍, 向丹, 胡亚军, 等 (3383)
- 北京松山自然保护区森林群落物种多样性及其神经网络预测 苏日古嘎, 张金屯, 王永霞 (3394)
- 藏北高寒草地生态补偿机制与方案 刘兴元, 龙瑞军 (3404)
- 辽东山区次生林生态系统不同林型树干茎流的理化性质 徐天乐, 朱教君, 于立忠, 等 (3415)
- 施氮对亚热带樟树林土壤呼吸的影响 郑威, 闫文德, 王光军, 等 (3425)
- 人工高效经营雷竹林 CO₂ 通量估算及季节变化特征 陈云飞, 江洪, 周国模, 等 (3434)
- 新疆典型荒漠区单食性天花吉丁虫磷元素含量对环境的响应 王晶, 吕昭智, 宋菁 (3445)
- 双斑长跗萤叶甲越冬卵在玉米田的空间分布型 张聪, 葛星, 赵磊, 等 (3452)
- 舟山群岛四个养殖獐种群遗传多样性和遗传结构 林杰君, 鲍毅新, 刘军, 等 (3460)

景观、区域和全球生态

- 乡镇尺度金塔绿洲时空格局变化 巩杰, 谢余初, 孙朋, 等 (3470)
- 合并与不合并: 两个相似性聚类分析方法比较 刘新涛, 刘晓光, 申琪, 等 (3480)

资源与产业生态

- 基于投入产出表的中国水足迹走势分析 王艳阳,王会肖,张 昕 (3488)
- 基于 MRICES 模型的气候融资模拟分析 朱潜挺,吴 静,王 铮 (3499)
- 黄东海陆架区沉积物中磷的形态分布及生物可利用性..... 张小勇,杨 茜,孙 耀,等 (3509)
- 鄱阳湖采砂南移扩大影响范围——多源遥感的证据 崔丽娟,翟彦放,邬国锋 (3520)
- 温度、盐度及其互作效应对吉富罗非鱼血清 IGF-I 与生长的影响 强 俊,杨 弘,王 辉,等 (3526)

城乡与社会生态

- 福建省城镇-交通系统的景观分隔效应 张天海,罗 涛,邱全毅,等 (3536)

研究简报

- 青藏高原高寒草原区工程迹地面积对其恢复植物群落特征的影响 毛 亮,周 杰,郭正刚 (3547)
- 黄土山地苹果树树体不同方位液流速率分析..... 孟秦倩,王 健,张青峰,等 (3555)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 314 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-06



封面图说: 清晨的天山马鹿群——家域是动物行为学和保护生物学的重要概念之一,它在动物对资源环境的适应与选择,种群密度及社会关系等生态学过程研究中有着重要的作用。马鹿属于北方森林草原型动物,在选择生境的各种要素中,隐蔽条件、水源和食物的丰富度是最重要的指标。野生天山马鹿是中国的特产亚种,主要分布在北天山深山海拔 1500—3800m 地带的森林草原中,在高山至谷地之间不同高度的坡面上,马鹿按季节、昼夜变化的不同进行采食。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201203170363

孟秦倩, 王健, 张青峰, 吴发启. 黄土山地苹果树树体不同方位液流速率分析. 生态学报, 2013, 33(11): 3555-3561.

Meng Q Q, Wang J, Zhang Q F, Wu F Q. Directional flow rate determination in trunks of apple trees in China's Loess Mountain. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(11): 3555-3561.

黄土山地苹果树树体不同方位液流速率分析

孟秦倩*, 王 健, 张青峰, 吴发启

(西北农林科技大学, 杨凌 712100)

摘要:精准确定果园蒸腾耗水规律是进行果园水肥管理的基础。论文采用热扩散式边材液流茎流探针和微型自动气象站组成的测定系统,对陕北黄土山地苹果树树干液流及相关指标进行了连续观测,分析了不同方位探针树干液流速率的测定结果。结果表明:果树不同生长阶段,液流速率变化较大,白天蒸腾速率较大,蒸腾量占全天蒸腾量均在 86.29% 以上;不同方位探针测定结果差异明显,东、西向探针测定结果较为接近,南、北向测定结果差异较大;不同方位探针测定边材液流量与参考作物蒸散量的线性模型表明,东、西向探针测定液流量与参考作物蒸散量关系密切,决定系数分别达 0.74 和 0.83,方差分析均方比分别为 78.21 和 137.85,其相关性明显优于南、北方向;比较以水量平衡计算得出的苹果树耗水量,东、西向探针测定的苹果树蒸腾量与水量平衡计算结果较为接近,均方比分别达到 14.11 和 14.57,显著性水平分别达到 0.020 和 0.019,明显高于南北方向探针测定结果。测定苹果树液流量时,选择东面或西面安装液流计探针,可有效减小试验误差。

关键词: 山地苹果树;热扩散探针;方位;树干液流

Directional flow rate determination in trunks of apple trees in China's Loess Mountain

MENG Qinqian*, WANG Jian, ZHANG Qingfeng, WU Faqi

Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling of Shaanxi 712100, China

Abstract: Accurately measuring plant transpiration and water consumption is essential for regulating water and fertilizer use in traditional apple-fruit orchards. In this study, we combine thermal dissipation probes (TDP) and micro miniature automatic weather stations to evaluate the sap flow rate of apple-fruit trees planted in the north of Shaanxi on China's Loess Plateau, with the aim of improving accuracy of measurements to assist better decision making by orchard managers. TDP probes were inserted in different directions into the trunks of apple trees in their whole growth stages, and related factors were compared and analyzed. The results demonstrate that: 1) Sap flow rate (SFR) varies across the different growth stages of apple trees in a year; transpiration is lower during dormancy and maturity stages, and higher during periods of initial growth, rapid development and the Middle Growing Stage. However, SFR is higher during the day than at night, with average daytime transpiration accounting for over 86.29% of total transpiration. 2) SFR also varies depending on the direction of the TDP probe; determined SFR values were largest in the south, smallest in the north, and east and west values were approximately equal in the middle of the range. 3) The linear model built between SFR and transpiration indicates that both factors are closely correlated with east/west measurements. For east and west, the coefficients of determination are 0.74 and 0.83 and the square ratios are 78.21 and 137.85, respectively. Their correlation in the direction of both east and west is significantly better than in the north and south. 4) When water consumption is calculated

基金项目:中国科学院知识创新项目(kzcx1-06-02-03);国家科技支撑计划课题(2012BAD14B11);西北农林科技大学基本科研业务费科研创新专项(QN2011152)

收稿日期:2012-03-17; 修订日期:2012-09-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: w184388610@126.com

according to the water balance equation, it is safe to draw the conclusion that transpiration approximately equals consumption when measured in the east/west direction. For east/west measurements, respective values for the mean square are 14.11 and 14.57, and significance levels are 0.020 and 0.019, which are both significantly better than values obtained from the north/south direction. Results from this study indicate that TDP probes should be inserted either in the east or west direction to effectively minimize error in the measurement of the sap flow.

Key Words: apple tree; thermal dissipation probe; measurement position; sap flow

蒸腾是植物耗水的主要方式,在土壤-植物-大气连续体(SPAC)水热传输过程中占有极为重要的地位。茎流法以植物生理学基础,通过测定树干内示踪物运动速度,计算树液流速,推算树干液流量,并由此推断植株蒸腾量^[1-3]。热扩散探针法(TDP)法是当前测算林木蒸腾速率稳定的技术^[4-6],借助插入边材中的探针,通过测定两探针间温度差,计算出液流速率,进而确定树干液流量^[7-8]。大量学者应用热扩散探针法测定了各种树木蒸腾耗水规律,孙慧珍等^[9]测定了梨树,李广德等^[10]实验测定了三倍体毛白杨,孙守家等^[11]测定了银杏,Palomo等^[12]测定了橄榄树,Lu等^[13]测定了13年生的成熟芒果树,马玲等^[14]测定了马占相思树,王华田^[15]测定了侧柏,孙鹏森等^[16]测定了油松。受试验树木生境异质性的影响,树木不同方位冠幅的大小及疏密程度不同,树木茎干不同方位的液流速率普遍存在差异,但是Cohen和Naor^[17]研究了Kibbutz Ortal地区苹果树液流特征,却发现不同方位的液流没有明显差异。因此本实验采用热扩散探针法,针对黄土高原山地苹果树进行液流速率测定,旨在揭示黄土高原山地苹果树树干不同方位液流变化特征,为准确计算山地苹果园蒸腾耗水提供理论依据。

1 研究区概况

试验地位于延安市宝塔区飞马河小流域,宝塔区地理坐标为E109°00′—109°45′,N36°55′—36°20′。试验地多年平均降水量531 mm,降水年际分布不均,实测多年年最大降水量871.2 mm(1964年),最小330 mm(1974年),降水年内分布极其不均,年内主要降水集中在6—9月,占全年降水总量的70.2%。降水较少及降水不均,导致气候干旱,加剧了区域水土流失发生。试验区属春旱为主的中等亏水区,同时伴有伏旱和秋旱,水分条件直接影响农业生产。试验地多年平均日照时数2418 h,太阳总辐射在582.12 KJ/cm²,平均气温9.4℃,最高气温39.7℃,最低气温-25.4℃,≥0℃活动积温3100—3878.1℃,≥10℃活动积温2500—3400℃,无霜期140—165 d,平均湿度62%,9月份最大为76%,4月份最小为52%。

试验地土壤为黄绵土,果园土壤肥力中等,有机质含量1.5%,全氮0.93 g/kg,碱解氮36.0 mg/kg,速效磷5.7 mg/kg,速效钾145 mg/kg,土壤pH值为8.43,呈弱碱性。试验地土层深厚,深度均大于50 m,地下水埋深较深,土壤无接受地下水补给的条件,降水入渗补给和灌溉水为苹果树生长的所有水源。

试验区苹果园主要分布在梁峁坡上。苹果园地表坡度5°—10°,立地条件为梯田,试验期降水未产生地表径流,降水有效补给土壤水分。

2 材料和方法

2.1 试验材料

试验苹果树品种为13龄乔化富士(长富2号,砧木为西府海棠),株行距为3 m×4 m,栽植密度825株/hm²。搭配品种有秦冠、嘎啦。试验果园苹果树生长健壮,树体长势中庸整齐,树形为细长纺锤形,修剪量适中,平均产量1.8 t/hm²。试验时选择果园中长势整齐、树干基径相近、树体相近的苹果树作为试验株布设试验。试验树平均高3.5 m,平均冠幅3.3 m,平均干径12.2 cm。

2.2 树干液流测定与试验设计

根据试验要求,被选样木2株,树干通直圆满,不偏冠,测定部位上、下30 cm处无节疤或损伤。实测样木生长参数为:树高3.55 m和3.48 m,冠幅3.33 m和3.27 m,40 cm处干径12.4 cm和12.3 cm。液流测定方

法见王华田和马履一^[18],数据采集间隔期为 10 min。采用生长锥钻取木芯,测定边材面积,计算果树蒸腾耗水。为探求探针布设方位对测定结果的影响,在试验果树树体距地面 40 cm 处,分别于东、南、西和北四个方向安装 TDP 探针,测定苹果树液流速率。

2.3 苹果树耗水规律测定

试验地表采用薄膜覆盖,控制裸地蒸发,覆盖面积为 12 m×12 m;在试验果树 2/3 树冠处布设 7 个水分监测点,定期(每隔 5 d)采用中子仪和烘干法相结合,测定土壤含水量,测定深度 0—600 cm,其中 0—20 cm 采用烘干法,20—600 cm 每 20 cm 为一层,采用中子仪测定土壤含水量,试验布设见图 1。试验中防护区较大,黄土垂直节理较为发育,侧向渗透可忽略不计。利用水量平衡计算各时段蒸腾量,由于控制时段土壤蒸发,故可得时段果树耗水量,即为时段蒸腾量。

2.4 气象因子监测

气象因子采用固定气象站(Delta-T, Cambridge, England)实时监测,自动气象站安装在距试验果园附近的空旷地。观测的气象因子包括空气温度(T_a , °C)、空气相对湿度(RH, %)、风向(WV, °)、风速(WS, m/s)、降雨量(RG, mm)、土壤温度(T_s , °C)等。

3 结果分析

3.1 苹果树树干液流变化规律

苹果树蒸腾耗水受气象因子制约,在不同天气条件下呈现不同变化规律。分别选取苹果树在休眠期、初始生长期、快速发育期、生育中期和成熟期的晴天测定果树蒸腾速率。以 2008 年为例,图 2 为苹果不同生育期典型日果树液流速率变化规律,典型日的气象条件见表 1。

表 1 典型日气象特征

Table 1 Meteorological characteristics of typical day

日期 Days	果树时段 Period of orchard	气压/kPa Pressure	气温/°C Temperature	湿度/% Humidity	风速/(m/s) Wind speed	日照时数/h Sunshine hours
3-14	休眠期	90.4	11.0	51	1.3	10.0
4-27	初始生长期	90.6	25.0	33	1.9	11.9
6-04	快速发育期	90.4	27.8	34	2.1	12.9
8-23	生育中期	90.1	21.8	55	1.8	11.8
10-05	成熟期	91.1	17.9	51	1.8	10.3

从图 2 可以看出,各时期的苹果树蒸腾速率均有明显的昼夜变化,6:00—8:00 左右开始,蒸腾速率逐渐增高,最高值出现在 12:00 左右,16:00 以后,蒸腾速率开始下降,20:00 以后至凌晨变化幅度较小。夜间树干液流量较低,在根压作用下,根系缓慢吸收水分,恢复植物体内的水分平衡。

按苹果树蒸腾速率变化可把果树日耗水大致分为:黎明前的初始耗水阶段、日出时的耗水迅速增加阶段、白天的高耗水阶段、傍晚的耗水递减阶段和夜晚的低耗水阶段。

苹果树不同生育阶段日耗水变化规律基本相似,但不同生育阶段差异较大。果树休眠期和果树成熟期,蒸腾速率较低,最大仅为 1.2 l/h 左右,初始生长期、快速发育期和生育中期果树蒸腾速率较大,最大值分别为 2.1、4.1、4.9 l/h。

表 2 为苹果树生长典型日果树蒸腾速率变化统计表。不同生育期,白天蒸腾速率较大,蒸腾量占全天蒸

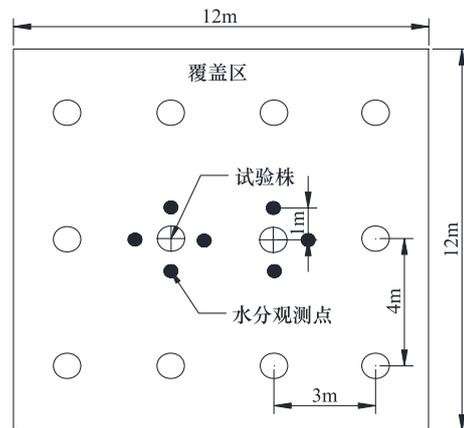


图 1 田间试验布设示意图

Fig. 1 Distribution of measure tree

腾量均在 86.29% 以上。蒸腾量随苹果树生长季节的变化而变化。液流速率日变化规律与李焕波等^[8] 在凤翔红富士苹果园测定规律相类似。

表 2 典型日苹果树蒸腾速率变化统计表

Table 2 Transpiration rate of apple trees changes in typical day

日期 Days	果树时段 Period of orchard	蒸腾速率平均值/(L/h) transpiration rate			蒸腾量/L Transpiration amounts			白天蒸腾量占 总蒸腾量比例/% Proportion of transpiration in daytime
		全天 Whole day	白天 Daytime	夜间 Night	全天 Whole day	白天 Daytime	夜间 Night	
		3-14	休眠期	0.42	0.64	0.10	10.02	
4-27	初始生长期	1.06	1.72	0.15	25.52	24.04	1.49	94.18
6-04	快速发育期	1.52	2.51	0.14	36.53	35.11	1.42	96.12
8-23	生育中期	2.25	3.33	0.75	54.02	46.61	7.41	86.29
10-05	成熟期	0.48	0.75	0.11	11.49	10.44	1.01	90.90

白天指 7:00 到 20:00, 夜间指 20:00 指次日 7:00

3.2 不同测定方位树干液流速率变化

热扩散探针法测定树干日间液流变化过程类似, 不同方位探针测定结果差异明显, 以 2008 年 6 月 9 日不同方位探针测定结果为例进行分析。图 3 为 6 月 9 日测定的不同方位液流速率日变化过程。可以看到, 4 个方位探针测定树干液流整体变化趋势较为一致, 东向、南向和西向探针测定结果均呈现双峰变化趋势, 而北向探针双峰趋势不明显。东南西北 4 个方向上测定的树干液流流速差距较大。4 个方向探针中, 南向探针测定值最大, 北向最小, 东向和西向较为接近, 介于南向和北向探针测定结果之间。

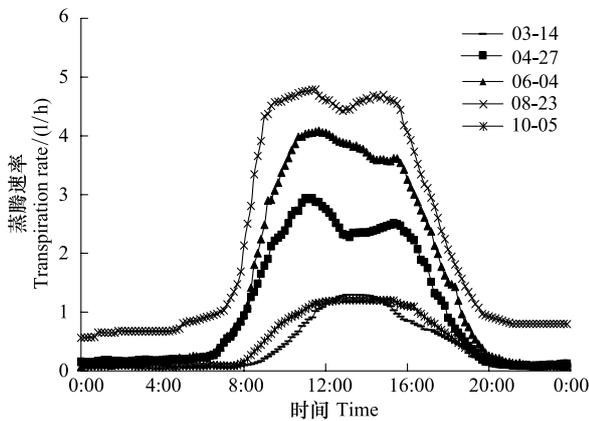


图 2 典型日苹果树蒸腾速率变化规律

Fig. 2 Transpiration rate of apple tree changes in typical day

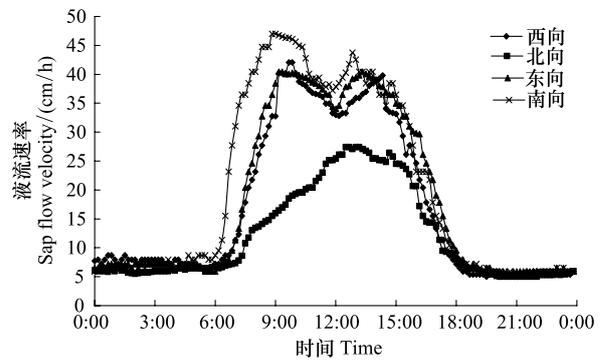


图 3 苹果树液流变化的空间变异

Fig. 3 Sap flow velocity diurnal variation of different direction

表 3 为 6 月 9 日树干不同方位液流量对比表。可以看出, 四个方位测定树干液流量最小值较为接近, 为 0.03 l/h, 而平均值与最大值差异较大, 南面测针, 测定结果最大, 平均值达 1.19 l/h, 北面最小, 平均值仅为 0.51 l/h, 东西两侧较为接近, 测定平均液流量分别为 0.90 l/h 和 0.88 l/h。

表 3 不同方位树干液流量统计表

Table 3 Character of sap flow velocity at different direction

特征值 Eigenvalue	东向 East	南向 South	西向 West	北向 North
日平均 Daily mean/(L/h)	0.90	1.19	0.88	0.51
最大值 Maximum/(L/h)	2.53	3.00	2.65	1.60
最小值 Minimum/(L/h)	0.03	0.03	0.03	0.02

3.3 不同测定方位树干液流代表性分析

3.3.1 与参考作物蒸腾量的关系

果树蒸散发受控于气象、土壤质地、土壤含水量和果树生长状况等因素,在土壤质地、含水量和生长情况相同条件下,果树蒸散发受控于气象条件,即区域蒸发能力大小,参考作物蒸发蒸腾量反映着一个区域蒸散发能力。参考作物蒸发蒸腾量计算方法很多,联合国粮食及农业组织(简称 FAO)推荐采用 FAO Penman-Monteith 公式计算参考作物蒸发蒸腾量^[19]。应用 Penman-Monteith 公式,根据气象资料,计算出试验期参考作物蒸发蒸腾量。图 4 为试验期(6 月 8 日至 7 月 7 日)参考作物蒸发蒸腾量与不同方位测定树干液流量间的关系。

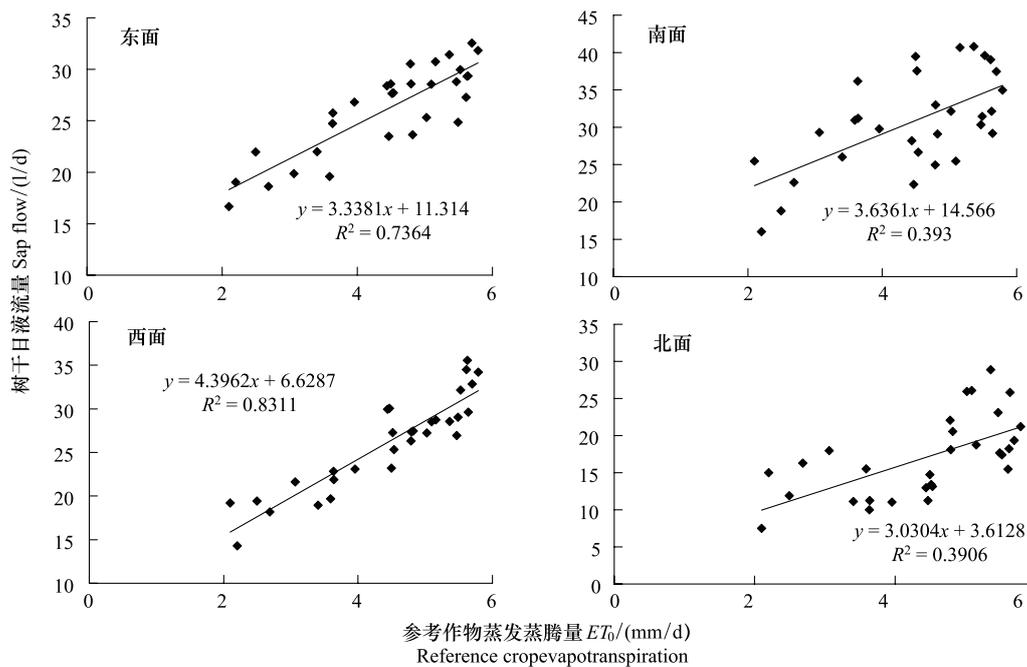


图 4 液流量与参考作物蒸发蒸腾量关系

Fig. 4 Relationship between sap flow and reference crop evapotranspiration

为了进一步验证不同方位边材液流速率与参考作物蒸散量之间的相关性,在 0.01 的水平上对数据进行了统计回归分析,见表 4。

表 4 不同方位边材液流速率与参考作物蒸散量方差分析表

Table 4 Variance analysis between reference crop evapotranspiration and sap flow velocity of different orientation

项目 Item	平方和 sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F	显著性 Sig.	
东面 East	回归	401.72	1	401.72	78.21	<0.0001 **
	残差	143.82	28	5.14		
	总计	545.54	29			
南面 South	回归	476.62	1	476.62	18.12	<0.0001 **
	残差	736.42	28	26.30		
	总计	1213.04	29			
西面 West	回归	696.88	1	696.88	137.85	<0.0001 **
	残差	141.55	28	5.055		
	总计	838.43	29			
北面 North	回归	331.00	1	331.00	17.94	<0.0001 **
	残差	516.73	28	18.45		
	总计	847.73	29			

不同方位边材液流速率作为自变量,以参考作物蒸散量为因变量,经过逐步回归,在不同方位均达到显著相关(表4)。不同测定方位树干液流量与参考作物蒸腾量之间呈现线性关系(图4),随参考作物蒸发蒸腾量增大,液流量也随之增大。东、南、西、北四方位测定树干液流量与参考作物蒸发蒸腾量间线性关系斜率分别为3.34、3.64、5.40和3.03。东面和西面探针测定液流量与参考作物蒸发蒸腾量间相关性较好, R^2 分别为0.74和0.83,方差分析均方比F分别达到78.21和137.85;而南面和北面探针测定结果偏差较大,点距较为散乱,两者 R^2 均仅为0.39,方差分析均方比F分别达到18.12和17.94。

3.3.2 不同测定方位树干液流量分析

TDP 探针不同安装方位,测定结果差异较大,为了能够合理的、准确的测量苹果蒸腾规律,试验通过实测土壤含水量,借助于水量平衡法,确定苹果树蒸腾耗水规律,作为对照蒸腾量,进行对比分析。

采用水量平衡法计算的时段蒸腾量作为对照蒸腾量,利用不同方位测定树干液流量求得果树蒸腾量,二者间对比关系见表5。2008年6月8日至7月7日1个月时间内,根据水量平衡,在充分灌水条件下,通过水量平衡计算得到果树在该时段蒸腾水量为102.17 mm。通过TDP测定树干液流,换算得到果树蒸腾量,东面、南面、西面和北面测定蒸腾量分别为97.97 mm、115.12 mm、98.00 mm和63.97 mm。北面探针测定蒸腾量较其余三方向要小,与对照蒸腾量相比,也明显偏小,各时段值均低于对照值,各时段相对偏差均大于21.99%,可见北面安装TDP探针测定果树蒸腾量所得结果偏低;树干南侧测定结果与对照蒸发蒸腾量相比整体偏大,除6月28日至7月2日测定值较参照值小外,其余时段均较参照值大,相对误差总体达12.67%,各时段偏差最大达36.49%,相关分析表明,其均方比分别达到4.49和5.14,显著性水平不显著;树干东面和西面测定结果与参照值较为接近,总体偏差分别为-4.11%和-4.08%,时段相对误差最大分别为-12.46%和-13.70%,均在容许范围之内,相关分析表明,其均方比分别达到14.11和14.57,显著性水平分别达到0.020和0.019,明显高于南北方向探针测定结果。王华田等^[15]对侧柏的测定表明南面测定液流速率误差较大,与试验结果较为接近。由此可以看出,安装TDP探针时,应选择树体西面或东面,测定结果误差较小。

表5 不同方位测定果树蒸腾量对比分析

Table 5 Determination of transpiration in different direction

时段 Time	对照蒸 腾量 Transpiration /mm	时段降雨 Rainfall /mm	蒸腾量/mm Transpiration				相对误差/% Relative error			
			东面 East	南面 South	西面 West	北面 North	东面 East	南面 South	西面 West	北面 North
06-08—06-12	18.74	0.00	18.76	21.97	18.45	14.62	0.11	17.25	-1.57	-21.99
06-13—06-17	14.60	65.20	13.46	16.61	12.60	7.93	-7.77	13.78	-13.70	-45.68
06-18—06-22	13.51	0.00	14.80	18.43	14.70	9.46	9.60	36.49	8.82	-29.96
06-23—06-27	19.80	11.50	17.33	20.02	17.67	12.33	-12.46	1.11	-10.76	-37.71
06-28—07-02	16.19	8.90	15.46	15.84	15.67	8.49	-4.54	-2.18	-3.20	-47.57
07-03—07-07	19.34	3.50	18.15	22.25	18.92	11.14	-6.14	15.05	-2.17	-42.41
合计 Total	102.17	89.10	97.97	115.12	98.00	63.97	-4.11	12.67	-4.08	-37.39

4 结论

(1)各个生长阶段,苹果树蒸腾耗水变化规律较为相似,不同生育阶段差异较大。果树休眠期和成熟期蒸腾速率较低,白天蒸腾量占全天总蒸腾量的比例分别为89.90%和90.90%;初始生长期、快速发育期和生育中期果树蒸腾速率较大,白天蒸腾量占全天总蒸腾量的比例分别为91.48%、96.12%和86.29%。

(2)探针安装方位直接影响测定结果。南面和北面安装探针的测定结果偏差较大,典型日平均值分别为1.19 l/h和0.51 l/h,东面和西面安装探针的测定结果较为相近,典型日平均值分别为0.90 l/h和0.88 l/h。

(3)不同方位探针实测树干液流量与参考作物蒸散量间均达到显著相关,东、西方向的测定树干液流量与参考作物蒸散量间相关性较好,决定系数 R^2 分别为0.74和0.83,方差分析均方比F分别为78.21和137.85,明显优于南北方向探针测定结果。

(4)时段累计液流量与实测果树蒸散量间对比分析表明,东面和西面两探针测定结果与对照蒸腾量间相关性较好,相对误差仅为-4.11%和-4.08%,且东、西方向均方比分别为14.11和14.57,明显大于南、北方向均方比;东、西方向果树蒸腾量数据相关性较为显著(Sig. <0.05),而南北方向相关性较差(Sig. >0.05)。由此可见在测定果树液流量时,选择东面或西面安装液流计探针,可有效减小试验误差。

References:

- [1] Green S R, Clothier B E. The root zone dynamics of water uptake by a mature apple tree. *Plant and Soil*, 1998, 206(1): 61-77.
- [2] Green S R, Clothier B E, McLeod D J. The response of sap flow in apple roots to localized irrigation. *Agricultural Water Management*, 1997, 33(1): 63-78.
- [3] Zhang L, Sun P S, Liu S R. A review on water use responses of tree/forest stand to environmental changes by using sapflow techniques. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5600-5610.
- [4] Girona J, Gelly M, Mata M, Arbonés A, Rufat J, Marsal J. Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. *Agricultural Water Management*, 2005, 72(2): 97-108.
- [5] Masmoudi C C, Masmoudi M, Abid-Karray J, Mechlia N B. Sap flow measurements in young olive trees (*Olea europaea* L.) cv. Chétoui under Tunisian conditions. *Scientia Horticulturae*, 2011, 129(4): 520-527.
- [6] Liu Q X, Meng P, Zhang J S, Gao J, Huang H, Sun S J, Lu S. Potential errors in measuring tree transpiration based on thermal dissipation method. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(12): 3343-3350.
- [7] Sun H Z, Zhou X F, Kang S Z. Research advance in application of heat technique in studying stem sap flow. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6): 1074-1078.
- [8] Li H B, Zhang L S, Li B Z, Ma F W, Han M Y. Research on Sap Flow Velocity of Red Fuji Apple Trees by Heat Pulse Probe Method. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2008, 17(5): 244-247, 305-305.
- [9] Sun H Z, Kang S Z, Gong D Z. Influence of measurement position on calculating pear tree stem sap flow. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(11): 2024-2028.
- [10] Li G D, Jia L M, Fu F Z, Xi B Y, Wang Y. Stem sap flow in different measurement positions of triploid populus tomentosa. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2010, 30(6): 1209-1218.
- [11] Sun S J, Gu R Z, Cong R C, Che S C, Gao J P. Change of trunk sap flow of ginkgo biloba and its response to inhibiting transpiration. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(5): 22-28.
- [12] Čermák J, Kučera J, Nadehdina N. Sap flow measurements with some thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. *Trees*, 2004, 18(5): 529-546.
- [13] Lu P, Müller W J, Chacko E K. Spatial variations in xylem sap flux density in the trunk of orchard-grown, mature mango trees under changing soil water conditions. *Tree Physiology*, 2000, 20(10): 683-692.
- [14] Ma L, Zhao P, Rao X Q, Cai X A, Zen X P, Lü P. Effects of environmental factors on sap flow in *Acacia mangium*. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2143-2145.
- [15] Wang H T, Zhao W F, Ma F Y. Spatial variation of sap flow of *platycladus orientalis* and its affecting factors. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(7): 21-27.
- [16] Sun P S, Ma F Y, Wang X P, Zhai M P. Temporal and special variation of sap flow of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*). *Journal of Beijing Forestry University*, 2000, 22(5): 1-6.
- [17] Cohen S, Naor A. The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters of apple trees and predicting canopy from hydraulic conductance. *Plant Cell and Environment*, 2002, 25(1): 17-28.
- [18] Wang H T, Ma L Y. Measurement of whole tree's water consumption with thermal dissipation sap flow probe (tdp). *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(6): 661-667.
- [19] Allen R G, Pereira L S, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

参考文献:

- [3] 张雷,孙鹏森,刘世荣. 树干液流对环境变化响应研究进展. *生态学报*, 2009, 29(10): 5600-5610.
- [6] 刘庆新,孟平,张劲松,高峻,黄辉,孙守家,陆森. 基于热扩散方法测定树木蒸腾的潜在误差分析. *应用生态学报*, 2011, 22(12): 3343-3350.
- [7] 孙慧珍,周晓峰,康绍忠. 应用热技术研究树干液流进展. *应用生态学报*, 2004, 15(6): 1074-1078.
- [8] 李焕波,张林森,李丙智,马锋旺,冯焕德,韩明玉. 应用热脉冲方法对红富士苹果树干茎流速率的研究. *西北农业学报*, 2008, 17(5): 244-247, 305-305.
- [9] 孙慧珍,康绍忠,龚道枝. 测定位点对计算梨树树干液流的影响. *应用生态学报*, 2006, 17(11): 2024-2028.
- [10] 李广德,贾黎明,富丰珍,席奔野,王焯. 三倍体毛白杨不同方位树干边材液流特性研究. *西北植物学报*, 2010, 30(6): 1209-1218.
- [11] 孙守家,古润泽,丛日晨,车少臣,高俊平. 银杏树干茎流变化及其对抑制蒸腾措施响应. *林业科学*, 2006, 42(5): 22-28.
- [14] 马玲,赵平,饶兴权,蔡锡安,曾小平,陆平. 马占相思树干液流特征及其与环境因子的关系. *生态学报*, 2005, 25(9): 2143-2145.
- [15] 王华田,赵文飞,马履一. 侧柏树干边材液流的空间变化规律及其相关因子. *林业科学*, 2006, 42(7): 21-27.
- [16] 孙鹏森,马履一,王小平,翟明善. 油松树干液流的时空变异性研究. *北京林业大学学报*, 2000, 22(5): 1-6.
- [18] 王华田,马履一. 利用热扩式边材液流探针(TDP)测定树木整株蒸腾耗水量的研究. *植物生态学报*, 2002, 26(6): 661-667.

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 朱永官 编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 11 期 (2013 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 11 (June, 2013)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元