

干季核桃树干液流特征及其与气象因子的关系

马长明^{1,2}, 翟明普²

(1. 河北农业大学林学院, 河北 保定 071000 2 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

关键词: 热脉冲; 核桃; 干季; 液流

中图分类号: S715 文献标识码: A

Stock Sap Flow Characters of *Juglans regia* and Relationship with Meteorological Factors in Dry Season

MA Changming, ZHAIMingpu

(1 Forestry College, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, Hebei, China

2 Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract *Juglans regia* is an important economic tree species. Observation of its stock sap flow was carried by SF100 heat pulse recorder in dry season (April-July) in area of conversion farmland for forest and surrounding meteorological factors such as air temperature, air relative humidity and radiation intensity were monitored in-phase. Experimental plot locates in Pingshan, Hebei. This study would offer some references for vegetation restoration. The results showed that the *Juglans regia* stock sap flow changed obviously between day and night, which followed a single peak type curve. Variation amplitude was big in sunny day and little in cloudy day. In April-May, sap flow was big and little in June-July because of soil water stress. Influencing order on stock sap flow flux by meteorological factors was sun radiation > air temperature > relative humidity respectively.

Key words heat pulse recorder, *Juglans regia*, dry season, sap flow

我国北方存在严重的水资源短缺问题, 研究干旱半干旱区域植被的液流特征, 对于没有灌溉条件的丘陵山区, 确定耗水量和立地水分的合理承载能力, 对于当地生态植被建设和管理具有重要的作用。本文应用热脉冲技术对干旱半干旱退耕区核桃 (*Juglans regia* L.) 的液流速率、液流通量等进行分析, 为植被建设模式的确定和管理提供理论依据。

1 研究区概况

试验地设在河北省平山县岗南镇寺家沟村, 属于暖温带半干旱半湿润季风型大陆性气候, 年平均

气温 12.7℃, 多年平均日照时数 2600~2750 h, 年平均降水量 609 mm, 多年平均蒸发量 1815.4 mm, 年平均干燥度为 1.38, 多年平均风速 2.2 m·s⁻¹, 土壤为石灰性褐土。试验地核桃林为 2002 年栽植, 株行距 2 m × 3 m, 平均地径 78 mm, 平均树高 2.7 m。

2 研究方法

按照被选木具有代表性的原则, 在林中选择生长良好、无被挤压现象的核桃样株, 测定其树高和胸径, 边材面积采用标准曲线法, 选取其它核桃树 10

收稿日期: 2006-11-10

基金项目: 科技部“十一五”国家科技支撑计划课题资助 (2006BAD03A11)

作者简介: 马长明 (1980-), 男, 河北邯郸人, 在读博士生。

电话: 010-62391632, E-mail: machangming@126.com

株,用生长锥来获取完整长芯,建立胸径边材宽度标准曲线,由样木胸径进一步计算出其边材面积。

选择样木 2 株,于 2005 年 4 月 23—25 日、5 月 23—25 日、6 月 20—22 日和 7 月 9—11 日进行树干液流测定,在样木的 30~40 cm 高处清理出光滑界面,采用特定钻头,依据仪器自带模型,钻取 3 个直径 2 mm 的孔洞(深度视边材宽度而定),将 SF100 茎流探针插入,另一端和数采相连,连续 72 h 测定,15 min 记录一次脉冲值。在试验地同时安装自动气象站,同步监测太阳辐射、空气温度和空气湿度,土壤水分采用烘干法测定。

3 结果分析

3.1 土壤水分的时间动态变化

由图 1 可以看出,4、5 月份,土壤水分相对较好,土壤水分含量处于相对稳定状态,进入 6 月份随着核桃叶面积增加,辐射增强,消耗大量的水分,土壤水分持续下降,直至 7 月中旬达到全年最低水平。因此可以确定 7 月中旬是当地干、湿季的分界。

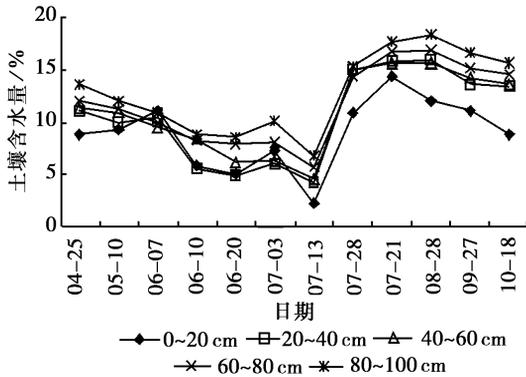


图 1 土壤水分的时间动态变化

3.2 核桃液流速率的变化情况

图 2 是以各月测定日液流均值所做图,图 2A 是核桃的树干液流速率的变化曲线,从中可以看出干季 5 月份液流速率最高,6、7 月份有所下降,可能与土壤水分含量较低有关,图 2B 显示的是核桃树干液流通量的变化情况,液流通量是在液流速率的基础上介入边材面积而来,因此,其表现的峰形与液流速率一致,只是数值发生了改变。

为了详细了解液流速率在一日的变化情况,在实验测定的数据中选择 4 月份连续两日的典型天气条件下(阴、晴天)的 48 h 液流速率作图(图 3)。图中波峰均出现在白天,波谷在夜间出现,存在明显昼夜变化规律。从整个干季测定结果分析,核桃树干

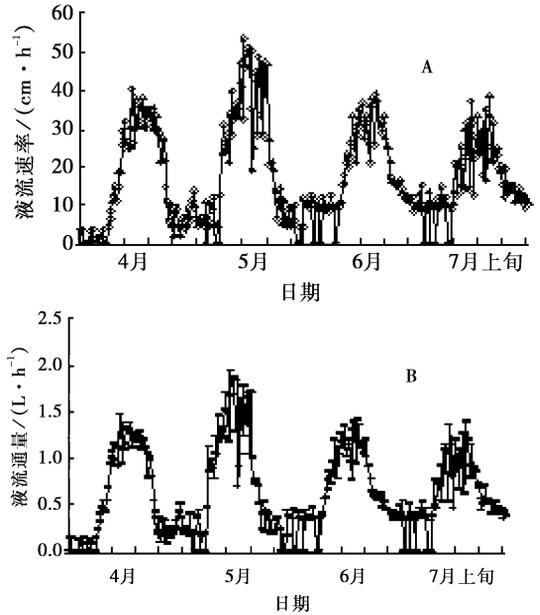


图 2 液流速率和液流通量的变化曲线

液流启动时间大致在 5:00—7:00 而后稳步上升,大约在 12:00—15:00 达到峰值,而后开始下降,一般 17:00—18:00 下降迅速,19:00 左右趋于平缓,20:30 左右基本趋于稳定。除了特殊天气条件和土壤水分的强烈干旱胁迫影响外,干季核桃树干液流速率日变化曲线均呈现“单峰”形,无明显的“午休”现象。夜间尽管气孔关闭,叶片蒸腾已经停止,但仍观测到微弱的液流存在,分析其原因是由于白天的强耗水,树体内各部分组织的水容储水被释放出来,导致组织水容降低,因此在水容作用下,根系仍处于缓慢吸水状态,吸收的水分用于恢复根系、树干及枝叶的水容,回填白天所产生的空穴^[1]。

由图 3 还可以看出,晴天的液流速率要明显大于阴天的液流速率,并且晴天液流启动相对较早,停止较晚,日变化幅度较大,阴、晴 2 d 的累计液流量分别是 11.99 L 和 19.87 L,测试材料为同一棵树,并且连续两日测定,其土壤水分条件也没有太大变化,那么造成阴、晴两天液流差距如此之大的主要原因是气象因子。这就说明同一种植物,在土壤水分相同的条件下,气象因素是影响蒸腾耗水的主要因子^[2,3]。

图 2 还显示了 4 月份到 7 月份的月变化情况,4 月份核桃已经展出大部分叶子,叶子较嫩,活动旺盛;此时刚由土壤水分稳定期(11 月至翌年 3 月)步入土壤水分消耗期,尽管降水补充极少,但土壤水分条件较好,4 月份保持了较高的液流量。5 月份,随

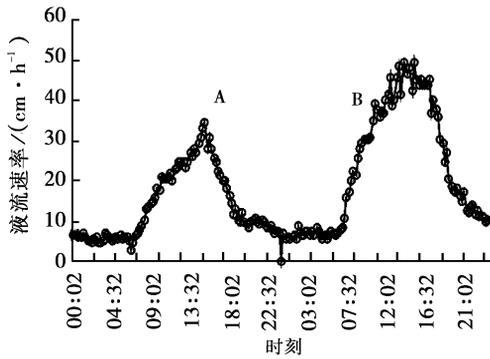


图 3 阴 (A) 晴 (B) 两种天气条件下液流速率的日变化

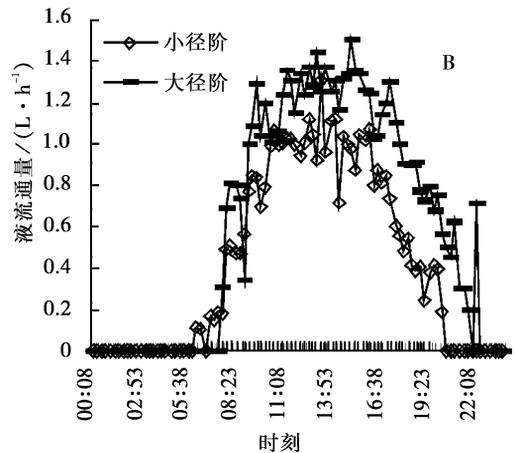
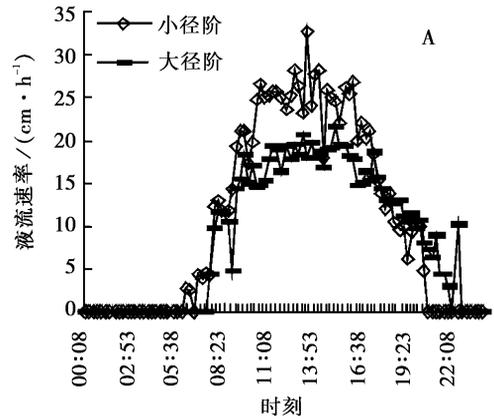


图 4 不同径阶液流速率 (A)、液流量 (B) 的日变化

随着温度、辐射等气象因子的进一步增强, 叶面积的进一步增加, 液流比 4 月份有所提高。6 月份, 叶面积进一步增大, 辐射进一步变强, 但液流监测结果显示, 液流速率和液流量有所下降, 进入 7 月份后, 液流进一步降低达到整个生长季最低值, 结合图 1 进行分析认为, 可能是此阶段土壤含水量较低, 水分胁迫所致。

3.3 不同径阶液流速率与液流量的关系

液流速率和液流量之间的关系在不同树种之间比较已经有所报道^[4], 但同一树种之间未见报道, 图 4 是直径差别较大的 2 株样木的液流速率与液流量对比结果, 可以看出, 小径阶树干的液流速率较大 (图 4A), 而液流量则小于大径阶树干 (图 4B), 其主要原因是由于介入了边材面积, 同一树种, 大径阶的植株一般具有较大的边材面积。由图 4 中还可以看出, 不同径阶核桃液流其峰形基本一致, 但相对于小径阶样木的液流, 大径阶样木的液流启动和停止均较晚, 其原因可能是小径阶样木对外部环境的影响相应快, 而大径阶特别是较深位点的树干液流对外部环境相应迟缓所致。

3.4 核桃树干液流与气象因子的关系

本文选取 4—7 月份各 2 d 数据为基础, 对液流量和辐射强度、空气温度、相对湿度之间进行相关分析, 结果显示, 液流量和 3 个气象指标之间在 0.01 水平的相关系数分别是 0.709、0.217、-0.662, 可见空气温度和液流速率相关最弱。

考虑到气象因子之间的自相关性, 因此取任一气象因子 (而控制其它独立气象因子) 与液流进行偏相关分析更能准确体现各因子对液流的影响。结果表明液流量与辐射强度、相对湿度和空气温度的偏相关系数 r 分别为 0.641、-0.464、-0.535, 偏相关系数的显著性概率均为 0.000, 说明各气象因

子都对液流有较大影响, 根据偏相关系数绝对值的大小可知各气象因子的作用大小依次为: 太阳辐射 > 相对湿度 > 空气温度。为揭示气象因子对液流量的综合影响, 采用逐步回归法对其进行多元回归分析, 得出液流量与气象因子的回归模型:

$$SFF = 1.25 \times 10^{-3} PAR - 2.10 \times 10^{-2} RH - 5.44 \times 10^{-2} T + 2.760$$

式中, SFF 为液流量; PAR 为辐射强度; RH 为空气相对湿度; T 为空气温度。

4 讨论与结论

(1) 张小由等^[5]对胡杨 (*Populus diversifolia* Schrenk) 的研究结果指出胡杨白天液流呈明显单峰形曲线; 李海涛等^[6]指出湿地松 (*Pinus elliotii* Engelm.) 树干液流表现出明显的昼夜波动, 波峰均在白天出现; 熊伟等^[7]对华北落叶松 (*Larix principis-rupprechtii* Mayr) 树干液流研究表明, 阴、晴两种典型天气条件下, 树干液流变化趋势一致, 但晴天液流要明显大于阴天液流; 严昌荣等^[8]对核桃楸 (*Juglans*

mandshurica Maxim.) 研究表明,白天的树干液流变化幅度较大,夜晚比较稳定;Pasquale等^[9]的研究也表明橄榄树(*Canarium album* (Lour.) Reusch)晴天树干液流变化幅度大,多云天气条件下液流变化幅度小。本研究结果显示,核桃树干液流速率存在明显的昼夜变化规律,呈单峰形曲线,白天液流速率较大,变化幅度大,夜晚存在一定的液流;晴天液流启动相对较早,停止较晚,日变化幅度较大,流量大。与上述研究结果相一致。

(2)由于辐射、气温等气象因子具有一定的季节变化、月变化和日变化规律,所以树干液流速率一般也随之存在相应的变化规律。就目前关于树干液流的研究,大多数研究结果表明,树干液流密度或速率峰值出现在6、7或8月,生长季4—7月,液流速率呈现上升趋势。如孙慧珍等^[10]研究结果表明黄菠萝(*Phellodendron amurense* Rupr.)、红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)、核桃楸和紫椴(*Tilia amurenensis* Rupr.)树干液流密度季节变化均为单峰曲线,峰值分别出现在6、7月和8月;另外也有所不同,如夏桂敏等^[12]对甘肃石羊河流域柠条(*Caragana korshinskii* Kam.)树干液流的研究表示,柠条树干液流在整个生长季节里,液流变化幅度较小,呈现一种相对平稳状态;孙慧珍等^[10]研究表明蒙古栎(*Quercus mongolica* Fisch.)和水曲柳(*Fraxinus mandshurica* Rupr.)由于2树种的生长节律不同,其树干液流季节变化为双峰曲线,峰值分别出现在5、9月和6、9月;而徐军亮^[11]的研究则表明油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)3—10月份液流速率的峰值分别出现在4月和3月份,而低谷则出现在8月份。笔者对核桃树干液流的研究结果显示,干季液流速率的峰值出现在5月,低谷出现在7月上半月。

(3)王华田^[12]对侧柏和栓皮栎(*Quercus variabilis* Bl.)树干液流的研究表明树干胸径与边材液流速率之间缺乏规律性,但液流量随着胸径的增大而增大。本文通过对大小径阶的两株树液流比较表明,小径阶的液流速率比大径阶的高,但液流量却比大径阶的低。充分体现了边材面积的意义,同时还发现大径阶的样木液流启动和停止时间均较晚。

与王华田所得结论一致。

(4)树干液流与气象因子的关系的相关报道已有很多,普遍结果都认为在没有水分胁迫的情况下,随着太阳辐射的增强,空气温度升高,相对湿度降低,液流速率、通量也随之不断上升^[2,13]。但本研究当中,气象因子对树干液流通量的影响大小表现为太阳辐射>相对湿度>空气温度,辐射强度和相对湿度对液流的影响与其它研究结果相一致,但液流和空气温度的关系较弱,甚至负相关,与其他研究结果存在很大分歧。分析其原因可能是由于干季水分胁迫所致,因为还鲜有人单独对干季液流与气象因子的关系进行相关分析,有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 奚如春,马履一,王瑞辉,等. 林木耗水调控机理研究进展[J]. 生态学杂志, 2006, 25(6): 692~697
- [2] 夏桂敏,康绍忠,李王成,等. 甘肃石羊河流域干旱荒漠区柠条树干液流的日季变[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1186~1193
- [3] 王瑞辉,马履一,奚如春,等. 元宝枫生长旺季树干液流动态及影响因素[J]. 生态学杂志, 2006, 25(3): 231~237
- [4] 孙鹏森. 京北水源保护林树种不同尺度耗水特性及林分配置的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2000
- [5] 张小由,龚家栋,周茅先,等. 胡杨树树干液流的时空变异性研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(4): 489~792
- [6] 李海涛,向乐,夏军,等. 应用热扩散技术对亚热带红壤区湿地松人工林树干边材液流的研究[J]. 林业科学, 2006, 42(10): 31~38
- [7] 熊伟,王彦辉,徐德应. 宁南山区华北落叶松人工林蒸腾耗水规律及其对环境因子的响应[J]. 林业科学, 2003, 39(2): 1~7
- [8] 严昌荣, Alec Dawney, 韩兴德,等. 北京山区落叶阔叶林中核桃楸在生长中期的树干液流研究[J]. 生态学报, 1999, 37(6): 793~797
- [9] Pasquale G, Giovanni G. Sap flow of several olive trees estimated with heat pulse technique by continuous monitoring of a single gauge[J]. Environmental and Experimental Botany, 2003, 49: 9~20
- [10] 孙慧珍,孙龙,王传宽,等. 东北东部山区主要树种树干液流研究[J]. 林业科学, 2005, 41(3): 36~42
- [11] 徐军亮. 京西山区油松、侧柏单木耗水环境影响因子评价与模拟[D]. 北京: 北京林业大学, 2006
- [12] 王华田. 北京市水源保护林区主要树种耗水性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2002
- [13] 马玲,赵平,饶兴权,等. 马占相思树干液流特征及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2006, 25(9): 2145~2151