

青海云杉茎流特性及其影响因子研究

刘敏¹, 贺康宁¹, 于洋¹, 贺永元²

(1. 北京林业大学 水土保持学院 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083;

2. 青海省大通县林业站, 青海 大通 810100)

摘要: 选取黄土高寒区青海省大通县青海云杉纯林地, 于 2008 年采用热扩散法茎流技术对该区主要乔木树种青海云杉树干液流进行长期连续观测, 并用自动气象站记录试验地的太阳辐射、气温、空气相对湿度、降雨量以及风速等气象因子。结果表明, 不同胸径树干茎流速率有很大差异, 20 cm 胸径的样树比 10 cm 胸径的茎流速率大; 20 cm 胸径各月茎流速率变化相似, 没有太大差异, 而 10 cm 胸径各月茎流速率差异明显, 5 月和 8 月大, 6 月小, 7 月介于中间, 说明胸径越小的树木受外界环境影响越显著, 茎流速率变化越剧烈, 大胸径受环境影响小, 具有很强的自身调节能力, 环境适应性强; 4 个月总降雨量为 409.1 mm, 接近于多年平均降雨量, 总蒸腾量为 386.45 mm, 5 月份缺水 38.71 mm, 6 月份余水 74.68 mm, 7 月份余水 20.92 mm, 8 月份余水 45.76 mm。

关键词: 青海云杉; 茎流; 热脉冲; 影响因子

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)04-0026-05

中图分类号: S718.5, Q948

Relation Between Stem Flow Character of Qinghai Spruce and Its Affecting Factor

LIU Min¹, HE Kang-ning¹, YU Yang¹, HE Yong-yuan²

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, and Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education,

Beijing 100083, China; 2. Datong Forestry Station of Qinghai Province, Datong, Qinghai 810100, China)

Abstract: By using the method of heat pulse stem flow technique, a long and continuous observation on the Qinghai spruce stem sap flow was made in 2008. Qinghai spruce is the major local tree species, located in the high and cold loess of Datong Country's Qinghai spruce pure land, Qinghai Province. At the same time, the meteorological factors of radiation, temperature, relative humidity, rainfall amount, and wind speed are recorded by the automatic meteorological stations. Results show that the stem flow rate is of great difference because of their different trunk diameters. The change of the sample tree's stem flow rate of 20 cm trunk diameter is obviously greater than that of 10 cm trunk diameter. The stem flow rate of 20 cm trunk diameter is of little difference month by month, but the stem flow rate of 10 cm trunk diameter is very different. The changes in May and August are greater, but in June, the changes are less. It's illustrated that when the trunk diameter has a smaller size, it is effected very severely by environment. But when the trunk diameter is greater, it has a strong ability of autoregulation and environmental adaptation. The rainfall amount is 409.1 mm in the four months, on the verge of the whole year rainfall. Total transpiration quantity is 386.45 mm. It lakes of water about 38.71 mm in May. The amounts of surplus rainfall are 74.68, 20.92 and 45.76 mm in June, July, and August, respectively.

Keywords: Qinghai spruce; stem flow; heat pulse; effecting

收稿日期: 2008-12-24

修回日期: 2009-02-23

资助项目: 国家“十一五”科技支撑专题“黄土高原西部高寒区水土保持型林草植被恢复技术试验示范”(2006BAD03A1203)

作者简介: 刘敏(1982-), 男(汉族), 内蒙古自治区临河县人, 硕士研究生, 主要研究方向为水土保持、林业生态工程建设。E-mail: liumin2006-2009@163.com。

通信作者: 贺康宁(1962-), 男(汉族), 陕西省蓝田县人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为防护林学抗旱造林技术、防风效益理论、森林水文等领域。E-mail: hkn@bjfu.edu.cn。

青海云杉(*Picea crassifolia*)作为大通县东峡林场最主要的树种,对当地生态环境有着举足轻重的意义,研究青海云杉蒸腾耗水,为该区生态环境建设提供理论依据是当务之急。随着全球气候变化、环境恶化,水分研究逐渐成为热门。研究黄土高寒区植被的耗水量,确定林地水分合理的承载力,对于黄土高寒区生态植被建设具有重大意义。如何准确测定植被耗水量一直是研究的难点,国内外学者采用大型蒸渗仪法、快速称重法以及叶室法等对植被蒸腾耗水进行了大量研究^[4]。但这些方法不能连续观测,或者由于自身方法上的缺陷,导致误差过大,很难获得理想的结果。而热扩散法的出现解决了以上难题,热扩散法的优点是直接给出液流速率值,尤其是由 Granier^[5]发展起来的 TDP 法(thermal dissipation probe)测茎流具有精度高、无需校正等优点,并经实验证明可信度高,且与独立观测结果具有高度一致性^[5]。热扩散法的应用越来越广泛^[7]。青海云杉是黄土高寒区最常见的乔木树种,以往研究多集中在其生理特征和育苗更新^[11],对其树干液流和耗水特征的研究很少。本试验采用 Vantage Pro 2 自动气象站,基于热扩散原理的茎流系统对黄土高寒区的青海云杉树干液流进行了研究,分析了树干液流本身变化规律及其与环境因子的关系,为该区植被建设提供理论依据。

1 研究区概况

试验地东峡林场位于青海省东部的大通县,处于祁连山地与黄土高原的过渡地带,为青海省会西宁市属县,介于东经 100°51′—101°56′、北纬 36°43′—37°23′之间,海拔 2 280~4 622 m。气温垂直分布明显,热量水平较低,昼夜温差大;受海拔高度和地形影响,各地气温差异悬殊,全年平均温度 2.8℃,年内最热月在 6—8 这 3 个月,平均为 13.9℃。该区在青海省为降水次数较多的地区,多年平均降水量 508 mm;降水的季节分配很不均匀,集中在暖季,春季(3—5 月)占年总量的 19%,夏季(6—8 月)占 55%,秋季(9—11 月)占 24%,冬季(12—2 月)占 2%。气压较低,云量较少,多晴朗天气,春季风速较大,大风较多;夏、秋季多东南风,冬、春季多西北风。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

试验地位于大通县东峡林场,通过调查选定在面积为 10 045 m² 纯青海云杉人工林地,该林地于 20 世纪 60 年代所植,密度为 3 m×3.3 m,约 1 000 棵/hm²。沿对角线随机抽查了 80 棵作为试验所用,选

择 4 株具有代表性的林分标准木进行茎流测量,胸径分别为 20, 20, 10, 10 cm;心材半径分别为 3.4, 3.4, 1.8, 1.8 cm; 样木生长良好,树干通直,无被挤压、病虫害等现象,具体测值见表 1。

表 1 青海云杉林地试验样树抽查表(排序后)

序号	胸径/cm	序号	胸径/cm	序号	胸径/cm	序号	胸径/cm
1	27.4	21	21.2	41	19.1	61	17.0
2	25.5	22	21.2	42	19.1	62	17.0
3	25.3	23	21.1	43	19.0	63	16.9
4	24.4	24	21.1	44	19.0	64	16.9
5	24.4	25	21.1	45	19.0	65	16.4
6	24.3	26	21.1	46	18.8	66	16.4
7	24.2	27	20.8	47	18.5	67	16.2
8	23.0	28	20.5	48	18.5	68	16.0
9	23.0	29	20.0	49	18.4	69	15.7
10	22.9	30	19.8	50	18.4	70	14.8
11	22.7	31	19.8	51	18.3	71	14.2
12	22.7	32	19.8	52	18.2	72	13.9
13	21.8	33	19.7	53	18.1	73	12.9
14	21.8	34	19.6	54	17.8	74	10.9
15	21.7	35	19.3	55	17.7	75	9.0
16	21.6	36	19.3	56	17.4	76	8.5
17	21.6	37	19.1	57	17.4	77	7.6
18	21.5	38	19.1	58	17.4	78	7.1
19	21.5	39	19.1	59	17.2	79	6.9
20	21.3	40	19.1	60	17.1	80	5.5

2.2 试验方法

试验选择在生长季 5—8 月进行,按茎流计的安装要求,在样木(1.2 m 高处)分别安装 TDP 50 探针、SGA 88 包裹。探针和包裹缆线与数据采集器相应接口连接,装上电源,用笔记本电脑启动程序,数据测定时间间隔设定为 15 min。在样地附近安装 Vantage Pro 2 气象站,自动记录附近的太阳辐射、气温、空气相对湿度、降雨量以及风速等气象因子,定时下载气象数据。树干液流与气象数据同步、连续测定,根据数据采集器内存大小,定期下载茎流数据,茎流数据采用仪器自带软件处理,数据采用 Excel 和 SPSS 13.0 等软件处。

3 结果与分析

3.1 日过程变化

青海云杉不同天气条件下,茎流速率呈显著差异。如图 1 所示,典型晴天中,树干液流变化表现为“宽峰”型,大约 8:00 液流启动,一直到 21:30 结束,变化幅度

约在 $20 \text{ ml}/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$ 的范围; 阴雨天与晴天相比较, 树干液流启动时间明显推迟, 大概在 15:00 左右, 最高值也仅为 $12.5 \text{ ml}/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$; 多云天气变化比较复杂, 呈现明显的“双峰型”, 大约在中午 12:00 开始启动, 到 14:00 达到峰值 $15.8 \text{ ml}/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$, 随后由于云层加厚, 太阳辐射大幅度降低, 气温下降, 空气相对湿度增加, 导致叶片和大气之间的水势差大大减小, 蒸腾速率显著下降。大概到 16:30 左右, 云层逐渐变薄, 太阳辐射有所增加, 空气相对湿度下降, 茎流值回升, 18:00 达到第二个峰值 $11.0 \text{ ml}/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$ 后开始回落, 21:00 降到最低值后趋于平稳, 这种变化趋势与白榆、新疆杨等阔叶树种研究结果类似。

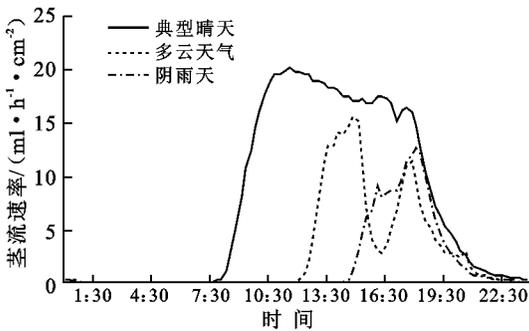


图 1 一天中不同天气条件下的茎流变化

图 2 为 8 月份两种胸径下连续 10 d 蒸腾速率变化情况。从图 2 中可以看出, 20 cm 胸径的蒸腾速率远远大于 10 cm 胸径, 原因可能是胸径大的树木根部庞大, 叶面积指数也大, 能充分吸收光照和土壤水分,

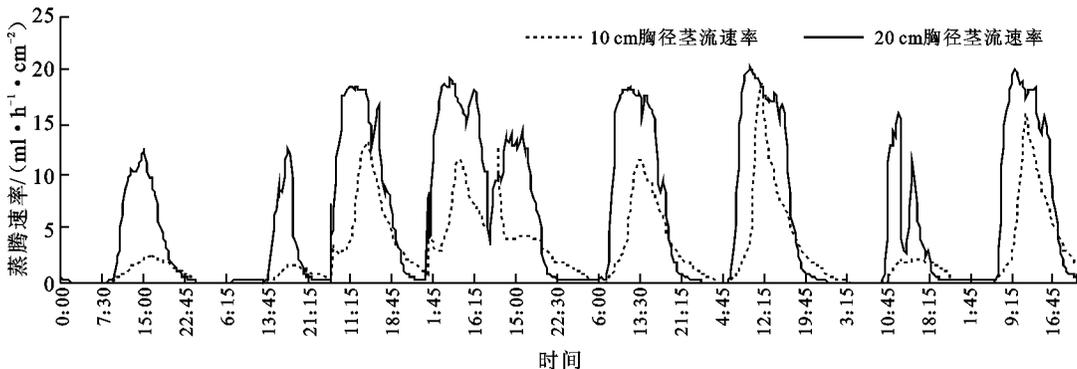


图 2 不同树干胸径下的茎流变化

5 月份虽然降雨量少, 但是土壤水分通过一年的积累也很充裕, 可以短时间的满足蒸腾所需, 此时由于太阳辐射强烈, 风速比较大, 空气相对湿度较小等缘故, 茎流量较高。

8 月份, 土壤水分充足, 气温很高, 太阳辐射强烈, 特别是此时树木生长旺盛, 叶面积指数大, 因此茎流速率也很高。以上茎流速率的变化进一步说明, 小胸径的青海云杉对气象因子作用比较敏感, 受外界因

总蒸腾量比较大; 从生理角度来看, 可能是大胸径树木木质部栓化程度较高, 导管发育成熟, 输水能力强; 小胸径树木相比之下叶面积指数较小, 根系较浅, 因而吸收和蒸腾的水分就会成比例的下降。20 cm 胸径树干液流量呈“宽峰”或“双峰”曲线, 10 cm 胸径茎流量呈明显的“单峰”曲线, 并且蒸腾高峰时间段比较短。

3.2 月变化过程

从图 3 中可直观看出, 20 cm 胸径在不同月份下茎流变化差异很小, 曲线几乎重合。原因可能是大胸径的云杉自身调节能力比较强, 外界环境在一定条件下不起主导作用。青海云杉通过气孔开合控制水分在体内运输, 条件适当的时候缩小气孔, 防止水分过快蒸发, 遭胁迫后(比如温度的升高或降低)也能正常进行蒸腾耗水。由此可以看出, 树干液流是一个复杂的物理和生理过程, 受多重因子综合作用; 一定条件下树干胸径越大自身调节作用越强。这也可以很好解释为什么高大树木对环境适应能力强, 而幼苗或幼树对恶劣环境的抗性比较差。

从图 4 可以看出, 10 cm 胸径不同月份茎流速率有较大的差异, 5 月份和 8 月份较高; 6, 7 月份较低。这种现象与以往研究结果有很大的不同, 原因可能是 6 月份和 7 月份, 尤其是 6 月份虽然降雨量最多, 但是蒸腾量反而偏小, 土壤水分条件好, 气象因子起限制作用, 阴雨天太阳辐射小、空气相对湿度大、气温低, 这些因素在很大程度上限制了植物的蒸腾作用, 茎流量自然就小。

素的影响比较大; 各月茎流变化趋势在很大程度上与气象因子变化一致, 自身调节能力微弱。

3.3 生长季水量供需状况

表 2 为青海云杉在整个生长季中平均茎流速率、日茎流量、月茎流量以及总蒸腾耗水量、总降雨量和水分亏缺量。从表中可以看出, 5 月份水分亏缺严重, 将近 39 mm, 6 月份水分盈余最多为 74.68 mm; 7, 8 月介于中间状态。

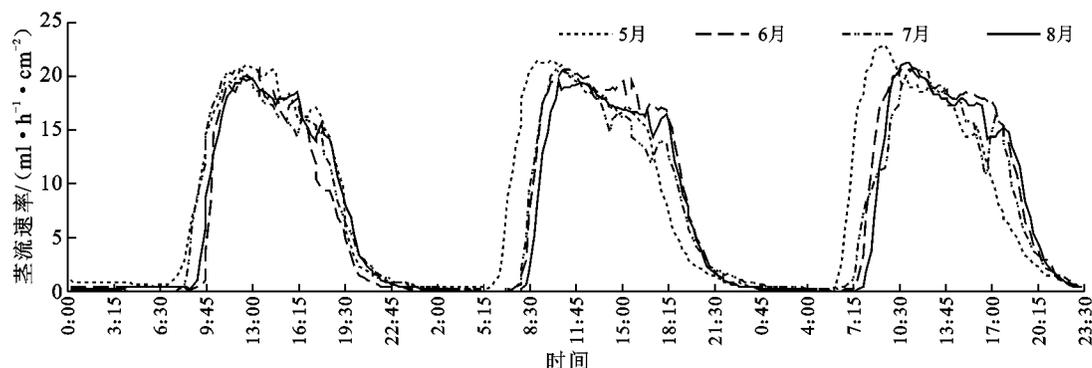


图 3 20 cm 胸径青海云杉茎流速率月变化过程

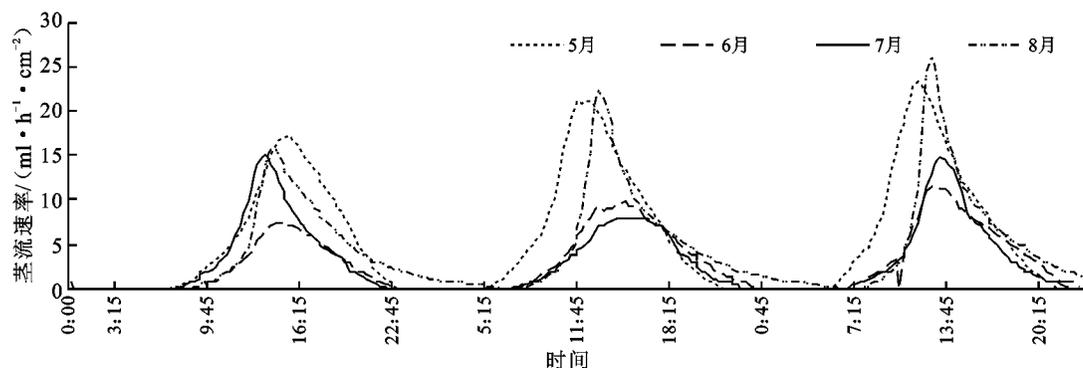


图 4 10 cm 胸径青海云杉茎流速率月变化过程

表 2 生长季中青海云杉水分供求状况

时间	胸径/ cm	茎流速率/ ($\text{ml} \cdot \text{h}^{-1}$)	日茎流量/ L	月茎流量/ L	树木总个数	总蒸腾量/ mm	总降雨量/ mm	水量差/ mm
5 月	20	1 450.30	34.81	953.98	866	84.31	45.6	- 38.71
	10	228.61	5.49	150.38	138			
6 月	20	1 257.60	30.18	753.57	866	66.32	141.0	74.68
	10	163.88	3.93	98.26	138			
7 月	20	1311.00	31.46	862.00	866	75.58	96.5	20.92
	10	139.97	3.36	92.38	138			
8 月	20	1 278.20	30.68	918.37	866	80.24	126.0	45.76
	10	108.28	2.60	77.80	138			
总计						306.45	409.1	

注: 试验林地总面积为 10 045 m^2 , 株行距 3 m \times 3.3 m。

总的来说, 从水分角度看, 该区青海云杉人工林营造比较合理, 降雨可以满足生长季蒸腾耗水的需要。只是 5 月份林地的降雨量不能满足林木的蒸腾耗水, 这就要求在今后的造林和营林工作中作好缺水季节的补水, 通过人为调配水量, 作到水分高效利用, 促进林木健康发展, 增加林地产量。

4 结论

(1) 青海云杉日茎流量在不同气象条件下有很

大差异, 典型晴天茎流量最大 $20 \text{ ml}/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$, 茎流速率变化曲线呈“宽峰”型; 而在阴雨天和多云天气下, 呈明显的“单峰”和“双峰”曲线, 峰值分别为 $12.5, 15.8 \text{ ml}/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$; 并且茎流启动时间明显推迟; 不同胸径茎流速率有很大差异。

(2) 青海云杉 20 cm 胸径月际变化过程无明显差异, 而 10 cm 胸径月际间变化差异则非常明显, 前者呈“双峰”或“宽峰”曲线, 后者呈明显的“单峰”曲线。表明一定条件下大胸径的树木自身调节能力强,

受外界环境影响小;而小胸径树木在土壤水分充足的情况下受气象因子影响比较大,自身调节能力相对比较弱。

(3) 生长季内(5—8月)青海云杉样地总蒸腾量 306.45 mm,总降水 409.1 mm,5月份缺水严重,缺水 38.71 mm;6,7,8月份水分均有盈余;盈余量分别为 74.68,20.92 和 45.76 mm。可见,作好 5月份的补水是该地区造林和营林工作的主要任务。

[参 考 文 献]

- [1] 陈建耀,刘昌明,吴凯.利用大型蒸渗仪模拟土壤—植物—大气连续体水分蒸散[J].应用生态学报,1999,10(1):45-48.
- [2] 李海涛,陈灵芝.应用热脉冲技术对棘皮桦和五角枫树干液流的研究[J].北京林业大学学报,1998,20(1):1-6.
- [3] 刘增文,余清珠.黄土高原残塬沟壑区坡地刺槐不同皆伐更新幼林地土壤水分动态[J].生态学报,1997,17(3):234-238.
- [4] 孙龙,王传宽.生长季红松树干液流密度的特征[J].东北林业大学学报,2006,34(1):12-14.
- [5] Grainer A. Evaluation of transpiration in a douglas fir stand by means of sap flow measurement[J]. Tree Physiology, 1987, 3: 309-320.
- [6] Grainer A. Huc R, Barigali S T. Transpiration of natural

rain forest and its dependence on climatic factors[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1996, 78: 19-29.

- [7] 张小由,康尔泗.黑河下游天然胡杨树干液流特征的试验研究[J].冰川冻土,2005,27(5):742-746.
- [8] 张劲松,孟平.毛乌素沙地樟子松蒸腾变化规律及其与微气象因子的关系[J].林业科学研究,2006,19(1):45-50.
- [9] 马履一,王华田.北京地区几个造林树种耗水性比较研究[J].北京林业大学学报,2003,25(2):1-7.
- [10] 孙慧珍,周晓峰.白桦树干液流的动态研究[J].生态学报,2002,22(9):1387-1391.
- [11] 朱玉伟,陈启民.滴灌条件下 4 种树木生长发育规律的研究[J].防护林科技,2005,64(1):1-5.
- [12] 朱艳艳,贺康宁.不同土壤水分条件下白榆的光响应研究[J].水土保持研究,2007,14(2):92-94.
- [13] 张利平,王新平,刘立超,等.沙坡头主要建群植物沙蒿和柠条的气孔交换特征研究[J].生态学报,1998,18(2):133-137.
- [14] 夏桂敏,康绍忠.甘肃石羊河流域干旱荒漠区柠条树干液流的日季变化[J].生态学报,2006,26(4):1186-1192.
- [15] Edwards W R N, Warwick N W M. Transpiration from a kivi fruit vine as estimation by the heat pulse technique and the Penman-Monteith equation[J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 1984, 27: 537-543.

欢迎订阅 2010 年《水土保持研究》

《水土保持研究》创刊于 1985 年,双月刊,中文版,属地球科学类期刊。主管单位为中国科学院,由中国科学院水利部水土保持研究所主办。为《中国科技论文统计源期刊》、《中国科学引文数据库统计源期刊》、《中文核心期刊要目总览》。本刊为 A4 开本,272 页/期。刊号为:ISSN 1005-3409, CN61-1272/P。国内邮发代号:52-211,定价:25.0 元/册。

报道内容:土壤侵蚀、旱涝、滑坡、泥石流、风蚀等水土流失灾害的现状与发展动态;水土流失规律研究、监测预报技术研发成就与监测预报结果;水土流失治理措施与效益分析;水土流失地区生态环境建设与社会经济可持续发展研究;计算机、遥感工程、生物工程等边缘学科新技术、新理论、新方法在水土保持科研及其实践中的应用;国外水土流失现状及水土保持研究新动态等。

读者对象:从事水保科技研究、教学与推广的科教工作者及有关行政管理人员;国内外环境科学、地学、农业、林业、水利等相关学科的科教人员及大专院校师生。

地址:陕西省杨凌区西农路 26 号

中国科学院水利部水土保持研究所《水土保持研究》编辑部

邮编:712100

电话:(029)87012705

E-mail: research @ ms. isw. c. ac. cn

http://www.isw.c.ac.cn