闻　靓,王　旋,刘　竹,等. 杨树茎流变化及其对气象因子的响应[J]. 江苏农业科学,2019,47(2):142 – 144.
doi:10.15889/j.issn.1002 – 1302.2019.02.035

杨树茎流变化及其对气象因子的响应

闻　靓, 王　旋, 刘　竹, 施月敏, 张耀丽
(南京林业大学,江苏南京 210037)

摘要:拟分析杨树茎流的变化,探讨影响杨树茎流变化的气象因子及其响应规律,以期为后续杨木活树改良及其活树药液上升机制的研究提供理论基础。采用 Flow32A – 1K 包裹式茎流仪测定杨树的茎流速率,并借助太阳能表、温湿度计同步测量气象因子。结果表明,杨树茎流速率与太阳辐射强度、空气温度均有显著的正相关性,与空气相对湿度呈负相关。在阴天、晴天条件下,气象因子对杨树茎流速率的影响程度有所差异。晴天时,影响程度表现为太阳辐射强度 > 空气温 度 > 空气相对湿度;阴天时,影响程度表现为空气温度 > 太阳辐射强度 > 空气相对湿度。

关键词:杨木;茎流速率;茎流变化;气象因子
中图分类号: S718.45　　**文献标志码**: A　　**文章编号**:1002 – 1302(2019)02 – 0142 – 03

杨树分布广,生长快,在江苏省得到了广泛的种植,其种植及加工产业已成为徐州、淮安、宿迁等城市的支柱产业。但是,由于速生杨木具有生产周期短、密度低、材质松软、易变色、易腐朽等缺点,从而限制了其高效利用。为了实现劣材优用,须要对杨木进行防腐处理。研究杨树茎流变化是开展活树杨木防腐处理的基础,从杨树基部注入防腐药液,药液随着树干茎流流动,向上运输至树梢,可以达到活树杨木防腐处理的目的。植株茎流速率与蒸腾作用、全球辐射、空气、湿度有关[1-3],与蒸腾速率也存在一定的关联性[4]。通过研究杨树茎流的变化规律,分析太阳辐射、温湿度气象因子与杨树茎流的相关性,对确定活树防腐药液注入时间、监控防腐药液上升高度有重要的作用。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

试验区位于南京林业大学校内试验地,地理位置为 118°81′E,32°08′N,处于亚热带季风气候区,雨量充沛。试验区年平均气温为 15.4 ℃,极端最高气温为 39.7 ℃,极端最低气温为 – 13.1 ℃,年平均降水量为 1 106 mm。土壤 pH 值为 4 ~ 6,呈酸性。

1.2　试验材料

以生长发育正常、无缺陷和病虫害的南林 0895 杨(*Populus* × *euramericana* ' Nanlin 0895 ')作为研究对象,选取胸径约为 1.20 cm 的 3 株杨树(表 1),于 2017 年 4 月 27—29 日连续 3 d 测量杨树的茎流速率,其中 4 月 27 日为阴天,4 月 28—29 日为晴天。

1.3　试验方法

利用 Flow32A – 1K 包裹式茎流仪,将 3 株杨树分别用包裹式传感器进行包裹,详见表 1。数据采集器每 10 s 进行 1 次,根据试验需要,每 15 min 计算 1 次茎流速率的平均值,并将其储存起来。在茎流仪运行的同时,使用泰仕记录型太阳能表和温湿度计,每隔 15 min 记录 1 次太阳辐射强度和温湿度。之后用 Excel 2010、SPSS 24.0 对试验数据进行整理,并绘制图表进行分析。

表 1　试验杨树的主要参数

编号	地径(cm)	株高(m)	冠幅(m)	包裹处胸径(cm)	包裹处高度(m)
A	1.32	2.11	0.83	1.11	1.02
B	1.38	2.30	0.93	1.21	1.03
C	1.41	2.65	1.11	1.27	1.05
平均值	1.37	2.35	0.96	1.20	1.03

2　结果与分析

2.1　杨树茎流昼夜变化规律

图 1 为平均胸径为 1.20 cm 的 3 株杨树在 4 月 27—29 日的平均茎流速率变化规律。可以看出,杨树茎流速率变化具有明显的规律,其曲线呈宽峰状[5]。06:00 左右日出时,气孔开启,茎流随之启动,随着太阳辐射强度持续增强,茎流速率迅速变大;在 07:00—08:00 时间段内,茎流速率的增长幅度最大。与此同时,气温也在提高,相对湿度随着减小。12:00 时,太阳辐射强度最大,温度最高,杨树为保护自身而关闭气孔,进行"午休"[6-8],这时蒸腾作用减缓,茎流速率增长幅度也减缓。杨树经过一段时间的休息,气孔开启,茎流速率于 14:15—14:45 间达到峰值。4 月 27—29 日 3 d 的茎流速率峰值分别是 42.79、46.45、54.01 g/h。随后,太阳辐射强度逐渐减弱,茎流速率变小,在 17:00—18:00 之间的减小幅度最大。在同一阶段,温度也不断降低,空气相对湿度随着上升。日落后,茎流趋于稳定,此时,茎流速率处于较低水平,但不完全为 0,这是由于在夜间杨树存在根压,水分因此进入杨树体内,从而产生微弱的液流[9]。

收稿日期:2017 – 09 – 16
基金项目:国家自然科学基金(编号:31670558)。
作者简介:闻　靓(1994—),女,湖北浠水人,硕士,研究方向为木材防腐。E – mail:595206271@qq.com。
通信作者:张耀丽,博士,教授,主要研究方向为木材学及木材改性。E – mail:zhangyaoli@126.com。

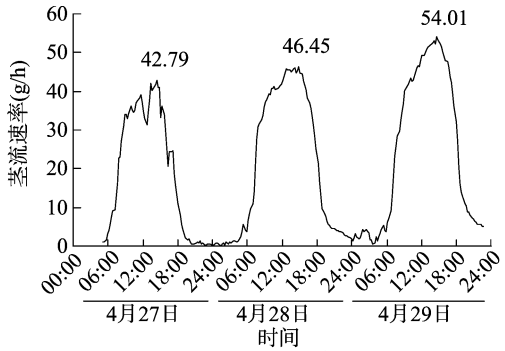


图1　杨木茎流速率的昼夜变化

2.2　阴晴天杨树茎流的变化规律

图 1 中的 4 月 27 日为阴天,4 月 28—29 日为晴天。不难发现,杨树茎流速率在阴晴天都存在明显的日夜节律,然而晴天和阴天的茎流日变化趋势有所不同。晴天时,气象因子进行有规律的变化,茎流变化趋势呈明显的单峰状。而阴天时,太阳辐射强度不稳定,具有一定的波动性,从而导致杨树茎流速率变化不稳定,出现双峰或多峰现象[10-11],使其茎流速率曲线呈现多峰状。此外,阴天时太阳辐射强度和空气温度都较低,因此杨树的茎流速率小于晴天时的茎流速率,且前者的峰值也略低于后者。

2.3　茎流变化与气象因子的响应

2.3.1　茎流变化与太阳辐射强度　杨树茎流速率的变化趋势与太阳辐射强度的变化趋势大致相同(图 2),回归分析结果(图 3)显示,其茎流速率与太阳辐射强度呈正相关[12]。茎流启动后,随着太阳辐射持续增强,茎流速率提高;随着太阳辐射不断减弱,茎流速率降低。由于杨树的“午休效应”,茎流速率到达峰值的时间比太阳辐射强度晚 2 h 左右。太阳辐射强度是引起茎流变化的主要因素,它会影响气孔开合,控制茎流启动,此外,太阳辐射还可通过引起温度的变化来影响茎流速率[13]。

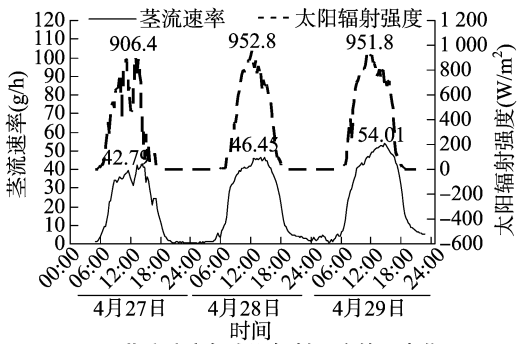


图2　茎流速率与太阳辐射强度的日变化

2.3.2　茎流变化与空气温度　从杨树茎流速率与空气温度的日变化(图 4)及回归分析结果(图 5)可知,空气温度对杨树茎流速率的影响显著,且两者呈正相关[14]。随着空气温度增大,茎流速率增大;随着空气温度降低,茎流速率减小。空气温度于 12:30—13:30 之间出现峰值,比茎流速率峰值出现时间大约早 2 h。随着 4 月 27—29 日 3 d 的最高空气温度不断升高,这 3 d 的茎流速率峰值也出现明显变化。

2.3.3　茎流变化与空气相对湿度　空气相对湿度的变化趋势与杨树茎流速率的变化趋势相反,呈现负相关关系(图 6、

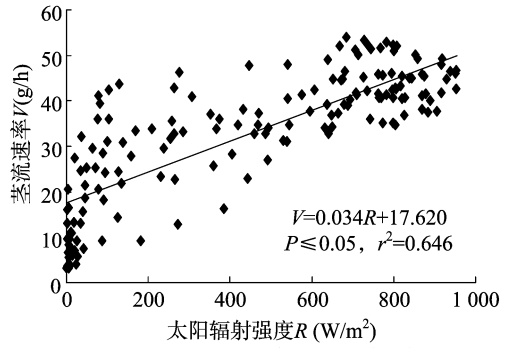


图3　茎流速率与太阳辐射强度的回归分析

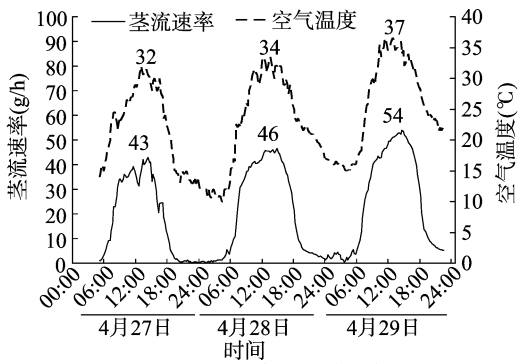


图4　茎流速率与空气温度的日变化

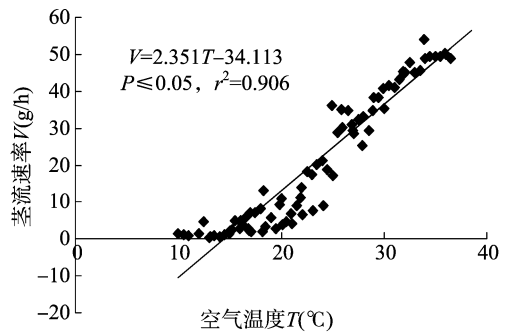


图5　茎流速率与空气温度的回归分析结果

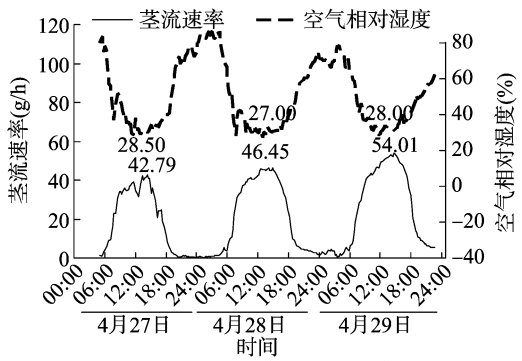


图6　茎流速率与空气相对湿度的日变化

图 7)。当杨树茎流启动时,杨树处于湿度较高的环境中。随着太阳升起,湿度减小,茎流速率变大。12:00 时,空气相对湿度降至最低值,随后茎流速率到达峰值。之后相对湿度升高,茎流速率变小[15]。连续 3 d 的空气相对湿度最小值相差不大,而茎流速率最大值逐渐升高。由此可以看出,与空气温度、太阳辐射强度相比,空气相对湿度对茎流速率的影响相对较小。

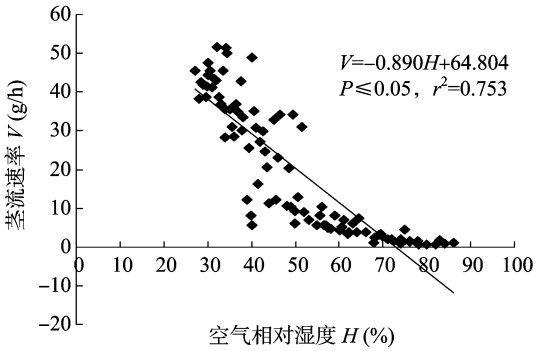


图7　茎流速率与空气相对湿度的回归分析

2.3.4　多因素分析　在阴天、晴天，不同气象因子与树木茎流变化的相关性强弱排序不同[16-19]。用多元逐步回归法，分析太阳辐射强度、空气温度、空气相对湿度对杨树茎流速率的影响，分别得到晴天、阴天条件下树干茎流速率的回归方程：

$$V_{晴天}=0.021R_{晴天}+0.876T_{晴天}-0.284H_{晴天}+10.381;$$

$$V_{阴天}=0.018R_{阴天}+1.724T_{阴天}-0.081H_{阴天}-23.607。$$

式中：V 为茎流速率（g/h）；R 为太阳辐射强度（W/m²）；T 为空气温度（℃）；H 为空气相对湿度（%）。

在晴天条件下，对这 3 个气象因子同时进行数据分析，由表 2 可以看出，这 3 个因素影响茎流速率变化的 P 值均≤0.05，表明影响显著。太阳辐射强度、空气温度、相对湿度的标准化系数 Beta 分别为 0.380、0.360、-0.278，表明在晴天条件下，太阳辐射强度对杨木茎流速率的影响最大，空气温度次之，空气相对湿度的影响最小。

表 2　晴天条件下各气象因子的多元线性回归分析

气象因子	P 值	R^2	标准化系数 Beta
太阳辐射强度	≤0.05	0.935	0.380
空气温度	≤0.05	0.935	0.360
空气相对湿度	≤0.05	0.935	-0.278

在阴天条件下，对这 3 个气象因子同时进行数据分析，由表 3 可以看出，空气温度、太阳辐射强度、空气相对湿度的标准化系数 Beta 分别为 0.695、0.349、-0.074，说明在阴天条件下，空气温度对杨树茎流速率的影响最大，太阳辐射强度次之，相对湿度的影响最小。

表 3　阴天条件下各气象因子的多元线性回归分析

气象因子	P 值	R^2	标准化系数 Beta
太阳辐射强度	≤0.05	0.932	0.349
空气温度	≤0.05	0.932	0.695
空气相对湿度	≤0.05	0.932	-0.074

3　结论

（1）杨树茎流速率具有规律性的日夜变化，且夜晚茎流速率不完全为 0，其变化趋势呈现典型的峰状曲线。（2）杨树茎流速率与太阳辐射强度、空气温度存在显著的正相关关系，与空气相对湿度呈现出负相关性。（3）对阴天、晴天条件下的杨树茎流速率与太阳辐射强度、温度和相对湿度等气象因子进行多元线性逐步回归分析，获得如下方程：$V_{晴天}=0.021R_{晴天}+0.876T_{晴天}-0.284H_{晴天}+10.381$；$V_{阴天}=0.018R_{阴天}+1.724T_{阴天}-0.081H_{阴天}-23.607$。（4）在阴天、晴天，气象因子对杨树茎流速率的影响程度不同，在晴天时，影响程度排序为太阳辐射强度 > 空气温度 > 空气相对湿度；在阴天时，影响程度排序为空气温度 > 太阳辐射强度 > 空气相对湿度。

参考文献：

[1] Barbour M M, Whitehead D. A demonstration of the theoretical prediction that sap velocity is related to wood density in the conifer Dacrydium cupressinum[J]. New Phytologist, 2003, 158(3): 477-488.

[2] Juhász Á, Sepsi P, Nagy Z, et al. Water consumption of sweet cherry trees estimated by sap flow measurement[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 164(164): 41-49.

[3] Juice S M, Templer P H, Phillips N G, et al. Ecosystem warming increases sap flow rates of northern red oak trees[J]. Ecosphere, 2016, 7(3): 1-17.

[4] 马长健，刘馨惠，卞城月，等. 热平衡式茎流计在测定植物蒸腾耗水中的应用进展[J]. 中国农学通报，2015，31(32)：241-245.

[5] 刘奉觉，Edwards W R N，郑世锴，等. 杨树树干液流时空动态研究[J]. 林业科学研究，1993，6(4)：368-372.

[6] 冯志文，姜远茂，田玉政，等. 气象因子对红富士苹果树干茎流特性的影响[J]. 山东农业大学学报（自然科学版），2013，44(1)：18-24，29.

[7] 孙建军，邓宗付，曾平生，等. 四川桤木树干液流规律研究[J]. 绿色科技，2013，11(11)：1-4.

[8] 周维金. 太阳辐射及温度对干旱区滴灌枣树茎流的影响[J]. 水利科技与经济，2015，21(6)：99-100，106.

[9] 马长明，管　伟，叶　兵，等. 利用热扩散式边材液流探针（TDP）对山杨树干液流的研究[J]. 河北农业大学学报，2005，28(1)：39-43.

[10] 李　宏，刘　帮，孙明森，等. 干旱区枣树茎流速率变化特征及其与气象因素的关系[J]. 河南农业科学，2016，45(2)：98-103.

[11] 续海红，郭向红，仇群伊. 不同天气条件下苹果树液流日变化规律研究[J]. 中国农学通报，2015，31(22)：120-124.

[12] 魏　敏. 暖温带四种木本植物茎流规律及其对环境因子的响应研究[D]. 济南：山东大学，2011：1-103.

[13] 周　源，马履一. 华北平原主要造林树种 107 杨扦插苗夏季茎流及耗水特性[J]. 浙江林学院学报，2010，27(3)：391-397.

[14] 王华田，马履一，孙鹏森. 油松、侧柏深秋边材木质部液流变化规律的研究[J]. 林业科学，2002，38(5)：31-37.

[15] 王　慧，郭　静，王灵艳，等. 白桦和新疆杨树干茎流变化规律及与环境因子的关系[J]. 吉林林业科技，2011，40(4)：18-24.

[16] 吴喆滢，赵从举，徐文娴，等. 幼龄桉树茎流特征及其对环境因子的响应[J]. 西北林学院学报，2015，30(5)：46-52.

[17] 孙雨婷，叶　茂，武胜利，等. 南疆枣树茎流变化规律研究[J]. 江苏农业科学，2013，41(5)：122-125.

[18] Xia G M, Kang S Z, Li F S, et al. Diurnal and seasonal variations of sap flow of *Caragana korshinskii* in the arid desert region of north-west China[J]. Hydrological Processes, 2007, 22(8): 1197-1205.

[19] Huang L, Zhang Z S, Li X R. Sap flow of *Artemisia ordosica* and the influence of environmental factors in a revegetated desert area: Tegger Desert, China[J]. Hydrological Processes, 2010, 24(10): 1248-1253.