

黄土塬区苹果树蒸腾速率变化特征及其影响因子

于金凤¹, 刘文兆², 甘卓亭³, 张盼⁴

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;
3. 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 宝鸡文理学院, 陕西 宝鸡 721007; 4. 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:报道了应用茎流计(TDP)测定黄土塬区苹果树主要生长季节蒸腾速率的试验结果,并对其影响因子做了分析。研究表明:晴天苹果树蒸腾速率的日变化为单峰曲线;逐日变化为昼高夜低、骤升骤降的特征,夜间接近于 0,白天单株苹果树蒸腾速率峰值变化幅度为 300~1 000 g/h;6~8 月是苹果树蒸腾耗水的主要月份,其中 7 月份的单株平均日蒸腾量为 3 038 g/d;与苹果树的生育期相联系,平均日蒸腾量最大出现在果实膨大期,随后是秋梢生长期和幼果膨大期。在测定时段,随总辐射的增强及气温的升高,苹果树蒸腾速率随之增加。

关键词: 苹果树;蒸腾速率;茎流计;黄土塬;总辐射

中图分类号: S661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)04-0059-05

植物的蒸腾作用是植物体内的水分以气态的方式从植物的表面向外界散失的过程^[1]。而陆生植物从土壤中吸收的水分只有 1% 用来作为植物体内的构成部分,99% 是通过地上部分散失到大气中^[2]。所以通过精确测算树干上升的液流量,可以基本确定植株蒸腾耗水量。自 20 世纪 60 年代起,不同学科的学者为了准确测定林木耗水量,在叶片、个体到林分 3 个水平上做了许多尝试,以求发展适当的测定蒸腾速率的方法。特别是有关树木个体蒸腾耗水的研究方法较多,如热技术法、同位素示踪法、风调室法、盆栽称重法、整树容器法和蒸渗仪法等^[3,4]。其中热技术法中的热扩散法具有保持树木在自然生长条件下基本不破坏其正常生长状况,可以连续测定树干液流的优点,而且易于野外操作及远程下载数据。单纯研究树木整株或林分群体的蒸腾耗水规律,应用此法快捷而精确^[5,6]。国内外学者对一些树种的蒸腾过程和茎流变化进行了研究^[7-14],但在黄土塬区对良好管理条件下的苹果树蒸腾速率的研究较少。黄土塬区是我国主要的旱作农业生产区之一,该地区降水少且年内年际分布不均,水分已成为限制作物生长的主要影响因子,目前苹果是该地区农民的主要经济来源之一,苹果树的种植面积已经超过了粮食作物的种植面积,因此,了解该地区苹果树的蒸腾耗散特征具有重要的意义。本试验利用热扩散茎流计(TDP)实时监测苹果树的蒸腾过程,确定出苹果树蒸腾速率的变化情况,为提高果树水分利用效率、发展果园节水灌溉技术、做好果园生态系

统的管理提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验区自然概况

试验果园位于陕西省长武县王东沟流域(107°40'30"~107°42'30"E,35°12'16"~35°16'00"N)的塬地上,塬面地势平坦,土层深厚,平均海拔 1 200 m。王东沟流域属典型的黄土高原沟壑区,暖温带半湿润易旱气候。年均气温 9.1℃,无霜期 171 d,多年平均降水量 584 mm,季节性分布不均。≥10℃活动积温 3 029℃,年日照时数为 2 230 h,日照率 51%,年辐射总量为 4 837 kJ/cm²。试验果园土壤为黑垆土,质地为中壤,田间持水量 21.1%,萎蔫湿度 8.8%。塬面苹果园主要依靠天然降水补充水分。近年来在种植结构调整的宏观政策引导和经济效益的驱动下,区域内逐步形成了以果业为主的农、果二元型农业种植结构模式。

1.2 试验材料

试验果园建园时间为 1996 年,品种为红富士,株行距 3 m×4 m,无灌溉条件。所选试验果树长势良好,树势一致,果园管理水平在该区域具有代表性。

1.3 研究方法

测定仪器为美国 Dynamax 公司生产的热扩散茎流计 TDP(Thermal Dissipation Sap Velocity Probe)。选取 3 株有代表性的苹果树,在每株树干的南部位置,离地面 60 cm 处刮去树皮,用钻头垂直钻取直径 1.5

收稿日期:2009-12-10

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划课题(2006BAD09B09);中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-424)

作者简介:于金凤(1983—),女,吉林松原市人,硕士研究生,主要从事果园生态系统水分研究。E-mail:ruyi1223@126.com。

通讯作者:刘文兆(1960—),陕西乾县人,研究员,博士生导师。E-mail:wzliu@ms.iswc.ac.cn。

mm、深 30 mm 的孔洞,安装一套茎流计传感器探针 TDP-30。用数据采集器 CR 1000(美国 Campbell 公司生产)和 PC 400 来调节茎流计的工作电压和检测热电偶,每隔 0.5 s 扫描一次,每隔 30 min 记录一次茎流数据。取 3 株树干测定结果的平均值进行分析。

气象数据包括太阳辐射、空气温度、相对湿度、风速、降雨量、气压等,均由果园旁边的气象场自动监测。

1.4 数据处理

用 SAS 和 Excel 软件进行数据分析和作图。

2 结果与分析

2.1 果树蒸腾速率的逐日变化

苹果树蒸腾速率的逐日变化表现为昼高夜低、骤升骤降变化特征(图 1),蒸腾速率夜间差异不大,接近于 0,白天有显著差异,蒸腾速率峰值的变化幅度为 300 ~ 1 000 g/h,7 月和 8 月果树的蒸腾速率快,是苹果树的主要需水期,所以应加强该时期水分管理,保证水分供应。

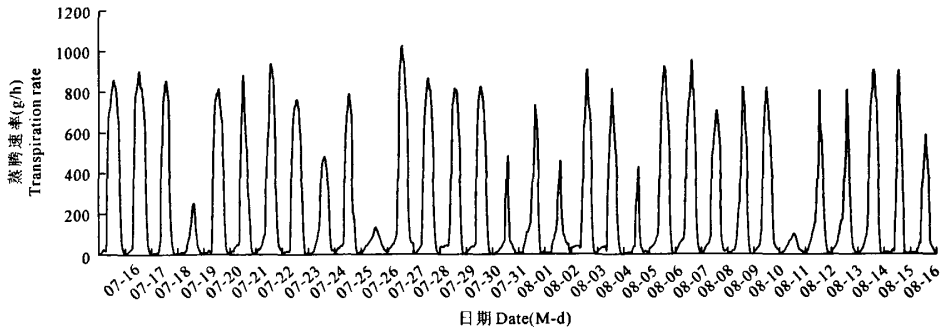


图 1 果树蒸腾速率的逐日变化

Fig. 1 Diurnal changes of transpiration rate of apple tree

2.2 不同天气情况下果树蒸腾速率的日变化

在不同天气情况下,苹果树蒸腾速率存在显著差异(图 2)。晴天(8月12日),蒸腾速率呈单峰曲线变化,夜晚蒸腾速率接近于 0,早 8 时起,蒸腾速率开始迅速增高,11 时后增速缓慢并逐渐稳定,维持在 840 g/h 左右,15 时达到峰值 907 g/h,17 时开

始蒸腾速率迅速降低,22 时后逐渐稳定在较低水平,接近于 0;在多云及阴天(选取 8 月 20 日,从早 8 时到晚 20 时,天空云量大于 8 成),蒸腾速率为不规则的多峰曲线变化特征,蒸腾开始于早 9 时左右,白天的蒸腾速率明显低于晴天蒸腾速率,夜间的蒸腾速率接近于 0。

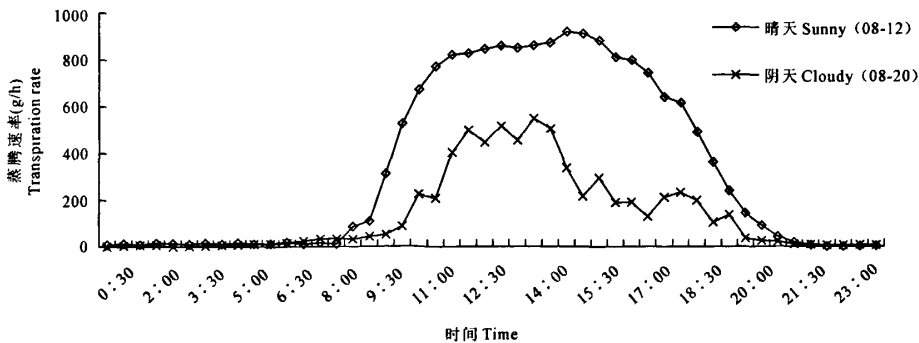


图 2 果树蒸腾速率在不同天气情况下的日变化

Fig. 2 Daily changes of transpiration rate in different weather

2.3 主要生长月份日平均蒸腾量变化

在苹果树的主要生长月份(5 ~ 10 月),受树体生理、光照、气温、相对湿度、降雨、风速等因素影响,

苹果树蒸腾速率变化有别(图 3)。月平均日蒸腾量的变化表现为 7 月(3 038 g/d) > 8 月(2 830 g/d) > 6 月(2 655 g/d) > 5 月(2 324 g/d) > 9 月(2 248

g/d) > 10 月(1 894 g/d)。这是因为:5 月气温和土温较低,太阳辐射强度较低,树木的叶片面积较小,树木生命活动较弱,因此蒸腾速率较低。进入 6、7、8 月,随着气温和土温的逐渐升高,太阳辐射强度的增强,树木生长旺盛,枝叶繁茂,叶面积较大,水分需求量增加,蒸腾速率迅速增加,蒸腾量也随之升高。9、10 月果树生长开始变缓,土温和气温开始下降,太阳辐射强度变弱,树木生命活动逐渐减弱,叶片掉落,果树自身需要的水分下降,蒸腾作用减弱,蒸腾速率开始逐渐降低。与苹果树的生育期相联系,平均日蒸腾量最大出现在果实膨大期,随后是秋梢生长期和幼果膨大期。

2.4 果树蒸腾速率与环境因子的关系

2.4.1 果树蒸腾速率与总辐射、气温的关系 在苹果树生长的主要季节,蒸腾速率的变化起伏特征与总辐射(图 4)及气温(图 5)的变化过程一致。随着总辐射的增加,蒸腾速率升高,并且蒸腾速率峰值出

现时间与总辐射峰值出现的时间相近,果树蒸腾速率与总辐射呈正相关,总辐射是影响果树蒸腾速率变化的直接因子;苹果树蒸腾速率随气温的升高而升高,其峰值出现的时间或稍早于气温峰值出现的时间,或与之相同。总辐射增强,气温随之升高,总辐射减弱,气温随之降低,总辐射影响气温的高低,总辐射与气温共同影响苹果树的蒸腾速率。

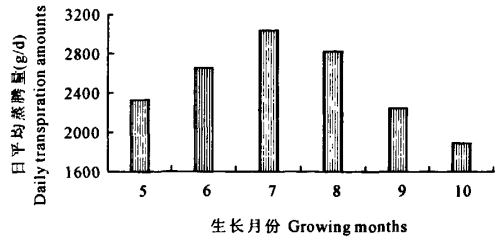


图 3 果树主要生长月份日平均蒸腾量变化
Fig.3 Daily transpiration amounts of apple tree from May to October

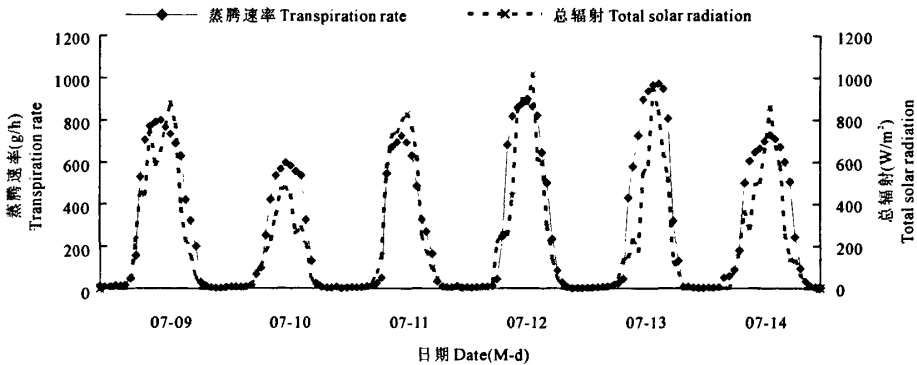


图 4 果树蒸腾速率与总辐射的日变化进程

Fig.4 Diurnal dynamics of transpiration rate with global solar radiation change

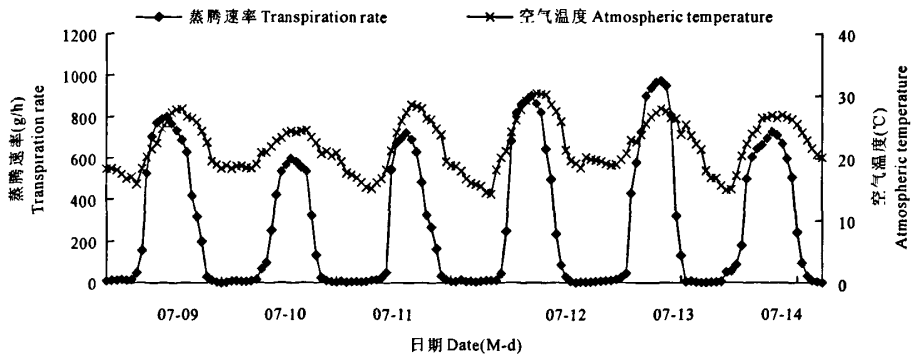


图 5 果树蒸腾速率与空气温度的日变化进程

Fig.5 Diurnal dynamics of transpiration rate with atmospheric temperature change

2.4.2 果树蒸腾速率与相对湿度、风速的关系 空气相对湿度、风速等气象因子可以影响苹果树的蒸

腾速率。随空气相对湿度的降低,蒸腾速率升高,并且蒸腾速率峰值出现时间与最低空气相对湿度的出

现时间接近,苹果树蒸腾速率与空气相对湿度呈负相关。由于风能够将气孔外边的水蒸汽吹走,减小叶片边界层的阻力,影响树木的蒸腾,白天风速较

大,夜晚风速较小,与树木蒸腾速率的变化有一定关系,但两者的相关关系不显著。

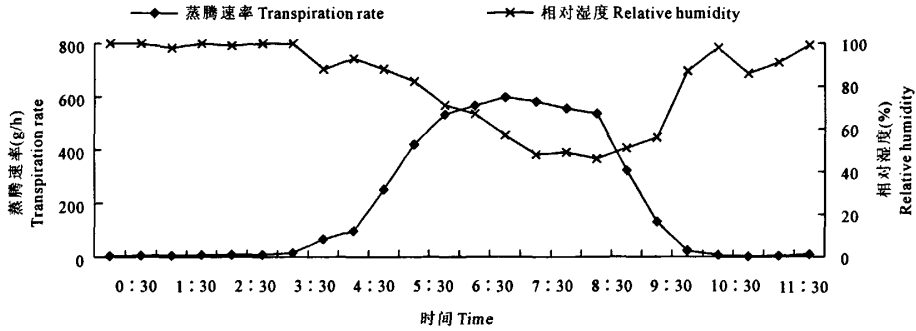


图 6 果树蒸腾速率与空气相对湿度的日变化进程

Fig. 6 Diurnal dynamics of transpiration rate with relative humidity change

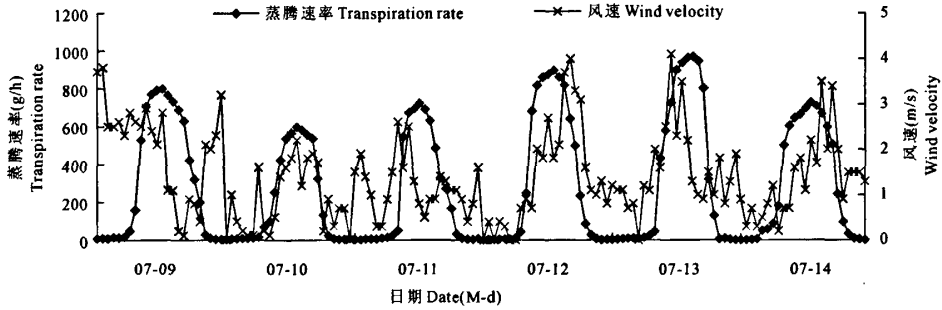


图 7 果树蒸腾速率与风速的日变化进程

Fig. 7 Diurnal dynamics of transpiration rate with wind velocity change

3 结论

本试验应用热扩散茎流计(TDP)研究黄土塬区苹果树蒸腾速率的变化特征,并分析影响蒸腾速率的环境因子,主要得出以下结论:

1) 苹果树蒸腾速率的逐日变化为昼高夜低骤升骤降的变化特征,夜间差异不大,接近于 0,白天差异显著,单株苹果树蒸腾速率变化幅度为 300 ~ 1 000 g/h。苹果树蒸腾速率晴天的日变化为单峰曲线;阴天呈不规则的多峰曲线,蒸腾速率明显低于晴天的蒸腾速率。

2) 在苹果树的主要生长月份,月平均日蒸腾量的变化为:7月(3 038 g/d) > 8月(2 830 g/d) > 6月(2 655 g/d) > 5月(2 324 g/d) > 9月(2 248 g/d) > 10月(1 894 g/d),与苹果树的生育期相联系,平均日蒸腾量最大出现在果实膨大期,随后是秋梢生长期和幼果膨大期。

3) 苹果树蒸腾速率随着总辐射的增强而增加,

且峰值与总辐射的峰值出现时间一致,太阳辐射对果树蒸腾速率有直接的影响作用。气温对苹果树的蒸腾速率的影响为正相关,而相对湿度对苹果树蒸腾速率的影响为负相关。

参考文献:

- [1] 张继澍.植物生理学[M].西安:世界图书出版,1999.
- [2] Lapitan, R L. Seasonal variabilities in the distribution of the microclimatic factors and evapotranspiration in a short grass steppe[J]. Agric For Meteorol, 1996, 79: 113—130.
- [3] 孙慧珍,李夷平.不同木材结构树干液流对比研究[J].生态学杂志,2005, 24(12): 1434—1439.
- [4] 岳广阳,张铜会.热技术方法测算树木茎流的发展及应用[J].林业科学,2006, 42(8): 102—107.
- [5] Granier, A. Evaluation of transpiration in a douglas fir stands by means of sap flow measurements[J]. Tree Physiology, 1987, 3(4): 309—320.
- [6] 刘奉觉,郑世锴.杨树水分生理研究[M].北京:北京农业大学出版社,1992.
- [7] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,1998.

- [8] 杨凤娟. 锌对大蒜生理生化指标及营养品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005(1):35—38.
- [9] Dich J, Jrvinen R, Knekt P, et al. Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the finish mobile clinic health examination survey[J]. Food Add Cont, 1996, 13:541—552.
- [10] Goldbach H E. A critical review of current hypothesis concerning the role of boron in higher plant: suggestion for further research and methodological[J]. J Trace Microp Tech, 1997, 15(1):51—91.
- [11] 施木田, 陈如凯. 锌铜营养对苦瓜产量品质及叶片氮素代谢的影响[J]. 热带作物学报, 2003, 24(4):57—60.
- [12] Lorenz O A. Soil - plant - nitrogen relationship. In: Donald R, Nielson J G, MacDonald eds. Nitrate in the Environment[J]. Academic Press, 1978:201—209.
- [13] 冷家峰. 紫外吸光度法测定蔬菜鲜样中硝酸盐含量[J]. 理化检验—化学分册, 2004, 40(5):288—289.
- [14] 王艳, 王景华, 许福明. 锌肥对日光温室西芹硝酸盐及营养品质研究[J]. 生态学报, 2001, 21(4):681—683.

The characteristics of apple tree transpiration rate and its influencing factors on the loess tableland region

YU Jin-feng¹, LIU Wen-zhao², GAN Zhuo-ting³, ZHANG Pan⁴

(1. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi 721007, China;

4. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This paper reported the experimental results of apple tree transpiration rate measured by TDP mainly in the growing seasons on the Loess Plateau, and the influencing factors to transpiration rate was also analyzed. The results showed that: the change of transpiration rate in clear day was in a form of single-peak curve; the diurnal change of transpiration rate was characterized by an upsurge and followed by a plummet. The transpiration rate, at night, was near 0 g/h, while it changed from 300 g/h to 1 000 g/h in the day time. June, July and August were the main periods for transpiration water consumption. In July, the amounts of daily transpiration reached to 3 038 g/d. Associated with the growth phase of apple trees, the maximum daily transpiration amounts appeared in the fruit expanding process stage, then the growing stages of shoots and young fruit in the autumn. In the experimental period, the transpiration rate of apple trees increased with the increasing of global solar radiation and atmospheric temperature.

Keywords: apple tree; transpiration rate; sap flow probe; the loess tableland; global solar radiation