

渭北高原矮化红富士苹果树蒸腾规律及水分供求关系

周珊珊, 吴发启, 张琛

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 利用热扩散茎流测定系统(TDP)对渭北高原矮化红富士树干液流进行长期定点定位观测, 结果表明: 苹果树在自然降水条件下和充分灌水条件下蒸腾规律在不同月份表现为其启动时间、峰值出现时间及变化趋势基本相似, 但是峰值的大小和每天的蒸腾量具有一定的差异性。就试验年而言, 在充分灌水条件下, 苹果树一年蒸腾量为 643.80 mm, 在自然降水条件下为 520.35 mm, 自然降水条件下水分亏缺 123.45 mm。苹果树生长季节中的 7—9 月的降水基本上可以满足蒸腾量之需, 但是 3—6 月苹果树的水分供求关系矛盾比较突出, 应该加强水分补给。

关键词: 矮化红富士; TDP 茎流计; 蒸腾速率; 蒸腾量

中图分类号: S661.1; S601 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2011)02-0180-04

Transpiration and Relationship between Supply and Demand of Water for
Dwarfing Fuji Apple Tree on the Weibei Plateau

ZHOU Shan-shan, WU Fa-qi, ZHANG Chen

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

Abstract: Stem sap flow dynamics of dwarfing Fuji apple tree on the Weibei plateau were studied by means of thermal diffusion stem sap flow measurement system (TDP). The results showed that transpiration rates of apple trees under the condition of natural precipitation are similar to that under the condition of appropriate soil moisture content at the start-up time, the peak time and change curve in different months respectively, but peak size and daily evapotranspiration are different. For the year of 2009, under the condition of appropriate soil moisture content, annual transpiration is 643.80 mm compared with that under the conditions of natural precipitation which is 520.35 mm, decreasing by 123.45 mm. In the growing season of from July through September, precipitation meets the needs of transpiration basically. But in March, April, May and June, water supply and consumption is contrary conspicuously. It is very essential that strengthens water supply.

Key words: dwarfing Fuji apple tree; thermal-dissipation probe; transpiration rate; transpiration

适时适量的养分和水分供给是保证果树优质高产的重要条件^[1]。渭北高原是一个具有代表性的半干旱原区, 昼夜温差大, 海拔高, 光热资源丰富, 是苹果的最佳适生区^[2-4]。但该区域内的土壤保水保肥性差, 因此如何利用有限的水资源, 提高水分利用率显得尤为重要。为了加强果园水资源的利用和管理必须对树木的蒸腾规律进行全面的了解。近年来, 树木蒸腾耗水的测定方法较多, 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, 其中热技术法中的热扩散可以对树木活体的树干

液流量连续自动监测, 时间分辨率高、一般不会破坏植物的正常生理活动、野外操作方便, 在世界范围内广为应用^[5]。本研究利用热扩散茎流计对渭北高原矮化红富士树干液流变化进行动态连续监测, 分析苹果树的蒸腾规律, 为果园灌溉提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

研究区位于黄土高原南部的陕西省黄陵县东部塬面(北纬 35°34', 东经 108°35'), 该地区属温带大陆

收稿日期: 2010-10-30 修回日期: 2010-11-15
资助项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX1-06-02-03)
作者简介: 周珊珊(1986—), 女, 新疆乌鲁木齐人, 在读硕士研究生, 主要从事水土保持研究。E-mail: zhou_shan_shan33@126.com
通信作者: 吴发启(1957—), 男, 陕西黄陵人, 教授, 博士生导师, 主要从事水土保持与流域管理方面的研究。E-mail: wufaqi@263.net

性季风气候,夏季较热,冬季寒冷干旱,雨热同季。年平均气温 9.4℃,年均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 3 766.7℃,年日照时数 2 528 h,年降水量 568.8 mm,平均无霜期 172 d。海拔 1 540 m,土壤为黄绵土。

1.2 试验材料

红富士苹果树龄 8 a,株行距 2 m \times 4 m。选择树势良好、生长健壮、无病虫害、树干通直圆满、不偏心、不偏冠、大小枝数量、直径等基本相同的 6 棵矮化红富士苹果树为材料。红富士苹果树砧木为新疆野生苹果,中间砧类型属于矮化中间砧,中间砧长度为 20 cm。试验处理包括灌水和不灌水两种处理,灌水处理在苹果生育期的适宜土壤含水量下限不低于 65%的田间持水量,每组试验 3 个重复。试验树的树体参数见表 1。

表 1 苹果树体参数					
树号	胸径/ cm	树高/ m	木质部 半径/cm	心材 半径/cm	边材 面积/cm ²
1 号	20.3	6.2	6.2	3.4	255
2 号	21.6	5.9	6.7	3.6	289
3 号	19.8	6.8	6.1	3.3	241
4 号	20.2	5.2	6.2	3.3	251
5 号	21.3	6.3	6.6	3.5	281
6 号	19.2	6.8	5.9	3.2	226

1.3 试验方法

2009 年 1 月到 2009 年 12 月,在选定的红富士苹果树上选择合理的位置安装 TDP 茎流仪,进行连续定点观测。其中 1,2,3 号树为灌水处理,使得土壤含水量不低于土壤田间持水量的 65%,上限土壤含水量为 85%的田间持水量,4,5,6 号树不灌水,即在自然降水条件下。

1.3.1 试验树处理 试验树不仅在树种、树龄、大小枝数量、树干直径等自身特点相同或相近,同时在一年的后期管理上同样要相同,如修剪时间、数量,疏花疏果时间及数量,套袋、摘袋的时间等。

1.3.2 TDP 探针的安装 在树干的西南方向上需安设 TDP 探针处上下 30 cm 无节巴或损伤,将树皮刮掉,注意在刮树皮时不要损坏树干的韧皮部。把两孔距离为 40 mm 的钻孔模板放在待安设 TDP 探针部位,然后用直径为 1.32 mm 的钻头钻两个 30 mm 深的孔,两孔尽量保持平行并与树干保持垂直。将 30 mm 长,直径为 1.3 mm 的探头加热针和参考针分别逐渐插入上部孔和下部孔。为防止太阳辐射和水分渗入对探针产生不良影响,安设好探针后,用铝箔在探头的外部围住,用透明胶布封住。系统每 10 min 采集一次数据。

1.3.3 灌水方法 利用试验区内的蓄水池,通过一

根直径为 10 cm 的塑料管通过虹吸作用给试验树灌水。灌水方式为穴灌。

1.3.4 测量土壤含水量 土壤含水量采用目前世界上最先进的土壤湿度传感器,与 TDP 数据采集器连接,间隔 10 min 同步测量。

1.3.5 测量降雨量 在实验地安装雨量筒,每次降雨过后进行降雨量测量。

1.4 数据处理及计算

树干液流计算采用 Granier 计算公式^[6]。Granier(1996)定义了一个无量纲参数 K_i 用于消除液流速率为零时的温差,同时建立了 K_i 与实际液流速率 V_i 的关系,最后利用被测木的边材面积 A 计算被测木的边材液流量 F_i 。公式如下:

$$K_i = (dt_{\max} - dt_i) / dt_i \tag{1}$$

$$V_i = 0.0119 \times K_i^{1.231} \tag{2}$$

$$F_i = 3.6 \times A \times V_i \tag{3}$$

式中: K_i ——无量纲参数; dt_{\max} ——双热电耦温最大差; dt_i ——瞬时双热电耦温差; V_i ——实际蒸腾速率(cm/s); F_i ——边材蒸腾通量(L/h); A ——边材面积(cm²)。其中,双热电耦温差 dt_i 由 TDP 探头所测定的电压信号除以常数 0.04 计算得出,边材面积 A 可以在试验结束后将被测木伐倒测定或利用生长锥测定求得^[7]。

2 结果与分析

2.1 各月内苹果树蒸腾速率日变化规律对比

经过统计分析,得出不同月份内在自然降水条件下和充分灌水条件下苹果树的日平均蒸腾速率变化规律的差异性如图 1 所示。从图 1 可知,两种处理的启动时间、峰值出现时间及变化曲线基本相似。但是峰值的大小及每天的蒸腾量具有一定的差异性。由此可见,苹果树蒸腾变化规律与苹果树自身的生理特点和天气状况有关,而其蒸腾量与土壤含水量密切相关。

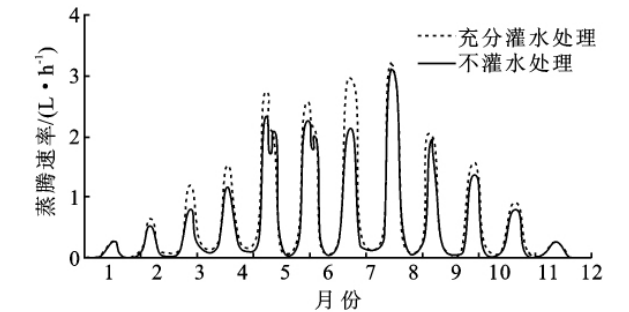


图 1 各月内不同处理的苹果树蒸腾速率日变化规律对比
不同处理的苹果树各月蒸腾速率日变化规律的对比如表 2 所示。由表 2 可知,7:00—20:00 之间蒸

腾速率平均值在充分灌水与自然降水条件下 7 月表现差距最大,为 1.40 L/h,而 1 月、12 月几乎没有差距;在 21:00—6:00 之间蒸腾速率平均值的差距最大的为 11 月,但是差距不大只有 0.08 L/h,由此可见,

7 月不仅是苹果树蒸腾量最多的一个月,同时自然降水并不能完全补充苹果树白天的蒸腾,需要进行灌溉,夜间苹果树被动吸水的水分在渭北高原可以供应。

表 2 各月内不同处理的苹果树蒸腾速率日变化规律对比

月份	7:00—20:00			21:00—06:00			日蒸腾量(L/株)		
	蒸腾速率平均值/(L·h ⁻¹)			蒸腾速率平均值/(L·h ⁻¹)			充分灌水	自然降水	充分灌水—自然降水
	充分灌水	自然降水	充分灌水—自然降水	充分灌水	自然降水	充分灌水—自然降水			
1	0.21	0.11	0.10	0.01	0.01	0.00	2.22	1.63	0.59
2	0.43	0.25	0.18	0.03	0.02	0.01	4.60	3.56	1.04
3	0.87	0.33	0.54	0.11	0.08	0.03	9.97	5.90	4.07
4	1.07	0.56	0.51	0.13	0.11	0.02	12.25	8.85	3.40
5	2.26	1.30	0.96	0.13	0.09	0.04	24.18	18.96	5.22
6	2.36	1.40	0.96	0.07	0.06	0.01	24.63	20.12	4.51
7	2.89	1.49	1.40	0.09	0.08	0.01	30.16	19.41	10.75
8	2.59	1.71	0.88	0.11	0.09	0.02	27.31	24.88	2.43
9	1.41	0.89	0.52	0.15	0.09	0.06	15.88	13.22	2.66
10	1.32	0.75	0.57	0.08	0.05	0.03	14.18	10.82	3.36
11	0.46	0.37	0.09	0.10	0.02	0.08	5.70	3.83	1.87
12	0.27	0.15	0.12	0.02	0.01	0.01	2.90	2.28	0.62

不同处理的苹果树在不同月份内的日平均蒸腾速率不同如图 2 所示。从图 2 可知,除 1 月、11 月、12 月的日平均蒸腾速率几乎相同外,其他月份的蒸腾速率充分灌水处理的都大于不灌水处理的。

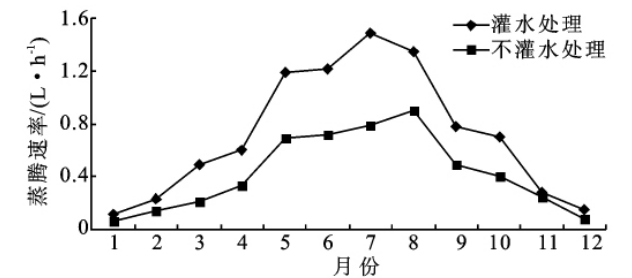


图 2 不同处理各月日平均蒸腾速率的对比

2.2 一年内苹果树蒸腾的月际变化规律对比

将不同月份不同处理的蒸腾量进行统计对比,结果如图 3 所示。由图 3 可知,在苹果树生长的一年内,潜在蒸腾量均比自然降水蒸腾量大,特别是 7 月蒸腾量的差值最大,为 31.56 mm。经统计,充分灌水条件下,苹果树一年蒸腾量为 643.80 mm,自然降水条件下 520.35 mm,后者比前者少 123.45 mm。

2.3 苹果树水分供求关系分析

降雨量是果树生长的的主要水分来源,从渭北高原长系列降雨资料可以看出,6—9 月降雨量占年降雨量的 65% 以上,对全年降雨量起决定性因素,此时的降雨浪费比较多,而其他月份降雨相对较少,满足不了树木的需求。降水与蒸腾关系见表 3。由表 3 可知,就 2009 年一年而言,由降水量与充分灌水条件下

的蒸腾量的比值为 0.80 以及降水量与不灌水条件下的蒸腾量的比值为 0.99,可以看出,降水很难满足苹果树的潜在蒸腾量。

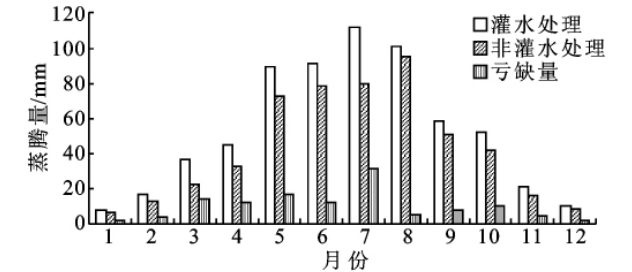


图 3 不同处理的苹果树月蒸腾量对比

就试验年而言,在生长季节中的 7—9 月,降水量与充分灌水条件下的蒸腾量之比以及降水量与不灌水条件下的蒸腾量之比均大于 1,降水基本上可以满足蒸腾量之需,同时也说明有大量的降水浪费,应该加强水分管理,采取径流集水措施将这部分水分存储起来用于缺水期。但是 3—6 月的这两个比值在 0.18~0.95 之间,即该时期苹果树的水分供求关系矛盾比较突出,应该加强水分补给。在非主要生长季节 1 月、2 月、11 月、12 月的这两个比值均相对较小,虽然该时期蒸腾量较小,但是也要给与水分的供给,所以生产上要做好冬灌的工作。

为了使苹果树林地水分管理更有针对性,把苹果树的生长周期分为休眠期(1 月、2 月、11 月、12 月)、开花期(3 月)、幼果期(4—6 月)、膨大期(7—8 月)和成熟期(9—10 月)5 个育期,并将其不灌水条件下的

蒸腾量、充分灌水条件下的蒸腾量和降雨量进行统计,进一步的分析不同生育期时段的水分供求关系,结果如图 4 所示。由图 4 可知,2009 年的膨大期和成熟期的水分供给基本平衡,而休眠期、开花期和幼果

期均有不同程度的亏缺。另外由于黄土高原土壤储水能力差,再加上大部分降雨为暴雨,所以即使在膨大期和成熟期同样应该重视果园水分管理,加强集水、节水管理,提高降水的利用率。

表 3 苹果树各月不灌水条件下的蒸腾量、充分灌水条件下的蒸腾量及降水量统计

月份	不灌水条件下的 蒸腾量/mm	充分灌水条件下的 蒸腾量/mm	降雨量/mm	降雨量/自然蒸腾量	降雨量/潜在蒸腾量
1	6.32	8.23	0.00	0.00	0.00
2	12.85	17.01	2.80	0.22	0.16
3	22.87	36.89	8.40	0.36	0.23
4	33.11	45.32	16.60	0.50	0.37
5	72.78	89.45	69.40	0.95	0.78
6	78.53	91.12	16.20	0.21	0.18
7	80.02	111.58	160.20	2.00	1.44
8	95.45	101.05	138.20	1.45	1.37
9	51.05	58.77	93.80	1.84	1.60
10	41.96	52.50	7.00	0.17	0.13
11	16.59	21.12	0.00	0.00	0.00
12	8.82	10.76	0.00	0.00	0.00
全年	520.35	643.80	512.60	0.99	0.80

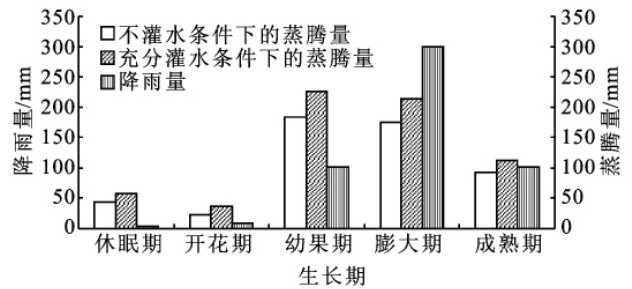


图 4 不同生育阶段苹果树水分供求关系动态变化

3 结 论

(1)苹果树在自然降水条件下和充分灌水条件下蒸腾规律在不同月份表现为其启动时间、峰值出现时间及变化曲线基本相似。但是峰值的大小及每天的蒸腾量具有一定的差异性。

(2)就试验年而言,苹果树 7 月日蒸腾量的亏缺值最大,为 31.56 mm。经统计,充分灌水条件下,苹果树一年蒸腾量为 643.80 mm,自然降水条件下为 520.35 mm,自然降水条件下水分亏缺 123.45 mm。

(3)就试验年而言,降水很难满足苹果树的潜在蒸腾耗水量。在生长季节中的 7—9 月,降水量与蒸腾量之比大于 1,降水基本上可以满足蒸腾量之需。但是 3—6 月的苹果树的水分供求关系矛盾比较突

出,应该加强水分补给。虽然在非主要生长季节 1 月、2 月、11 月、12 月的降水量与蒸腾量之比均相对较小,但是也要给与水分的供给,做好冬灌的工作。

参考文献:

[1] Caspari H W, Green S R, Edwards W R N. Transpiration of well-watered and water-stressed A sian pear as estimated by lysimeter, heat-pulse and the Penman-Monteith model[J]. Agri and For Meter, 1993, 67: 13-27.

[2] 魏钦平,李嘉瑞,束怀瑞. 苹果品质与生态因子关系的研究[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(4): 532-536.

[3] 陆秋农. 我国苹果的分布区划与生态因子[J]. 落叶果树, 1979(3): 46-51.

[4] 王进鑫,刘秉正. 抓住西部开发机遇、创建绿色食品基地[J]. 水土保持研究, 2000, 7(1): 63-68.

[5] 孙慧珍,周晓峰,赵惠勋. 白桦树干液流的动态研究[J]. 生态学报, 2002, 2(9): 1387-1391.

[6] Granier A. A new method of sap flow measurement in tree stems[J]. Ann. Sci. For., 1985, 42(2): 193-200.

[7] Granier A R H, Barigah S T. Transpiration of natural rain forest and its dependence on climatic factors[J]. Agric. For. Meteorol, 1996, 78: 19-2.