

土壤水势对桃树茎干变化的影响研究

贺军奇¹, 吴普特², 汪有科²

(1. 长安大学水与发展研究院, 陕西 西安 710054; 2. 国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 本试验主要研究不同土壤水势条件下桃树茎干的变化规律。试验设置4个处理, 分别是-100~-110 kPa(A区), 自然条件下作为对照(B区), -10~-20 kPa(C区), -40~-60 kPa(D区)。分析不同月份各个处理桃树茎干日变化之间的差异, 结果表明, 桃树茎干日生长量在休眠期基本为负值, 第一生长期平均日生长量在20~50 μm 之间, 第二生长期平均日生长量在30~70 μm 之间, 停长期平均日生长量出现正负交替。结果同时表明, 各处理桃树在整个生长周期内茎干生长量存在显著差异, 整个生长周期内生长量由大到小顺序为D>C>A>B。综合分析得出, 在桃树整个生长周期内将土壤水势维持在-40~-60 kPa时有利于桃树生长。

关键词: 桃树; 土壤水势; 茎干变化

中图分类号: S275.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0176-05

土壤水势是描述土壤干旱程度和土壤水分对植物有效性的重要指标。近年来, 国外学者在研究植物与土壤水分之间的关系时, 普遍采用土壤水势指标, 很少采用土壤水分来研究, 主要因为土壤水分受土壤质地影响较大, 无论是体积含水量还是重量含水量, 都受到土壤质地的限制, 导致在生产实践中无法推广^[1]。因此, 在明确土壤水势与植物生长关系的基础上, 进一步确定出适宜植物生长的土壤水势范围, 这些参数可以直接应用到生产实践中, 不受土壤质地的影响。

通常判定植物是否缺水的主要指标来源有两个方面, 一方面是通过植物自身生理指标, 如茎干变化(TDV)、茎干水势(SWP)、茎干日最大收缩量等(MDS); 另一方面是通过向植物提供水能的土壤水分指标, 如土壤含水量(SWC)、土壤水势(SWP)等。目前, 国内外相关研究主要有: 何斌等人(2007)研究了干旱胁迫条件下胡杨茎流与茎干直径变化, 分析结果表明: 极端干旱区塔里木河下游的胡杨, 茎流日变化表现多峰值, 且夜晚仍保持一定流速; 同时, 日变化中, 不同时段起主导作用的因子不尽相同。胡杨随着干旱胁迫程度的增加, 茎直径日最大值和最小值都呈明显下降趋势^[2]。高照全(2007)研究了干旱胁迫下桃树果实直径的动态模拟, 结果表明, 果实的水势在晴天大致呈正弦规律波动, 阴天的水势变化比较平缓^[3]。D. S. Intrigliolo, J. R. Castel(2004)依据多项水分胁迫指标来预测李子树在亏缺灌溉时果实生长的大小, 结果表明, 果实生长与黎明前叶水势

和茎干水势有很好相关关系, 可以依据这两个指标变化对果实生长状况进行预测^[4]。本试验主要研究在不同土壤水势条件下桃树茎干的变化规律, 试图通过桃树茎干变化来反映土壤较为适宜的灌水范围。

1 试验设计与方法

试验地位于陕西省杨凌国家农业高新技术产业开发区国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心节水博览园。该区位于北纬34°14'10", 东经108°2'56"。该地区属于暖温带半湿润季风气候区, 年平均降水量637.6 mm, 年平均蒸发量在840 mm左右, 年内降雨分配不均, 60%集中在7~10月, 年际变化大, 丰枯比为3.0, 变异系数为0.25。年平均温度为12.9℃, 极端最高气温42℃, 最低气温-19.4℃, 全年无霜期221 d。

本实验研究对象是成年桃树, 树龄4年。试验共设置4个小区, 小区规格为8 m×3 m, 在桃树整个生长周期内, 将土壤水势分别控制在-100~-110 kPa(A区), 自然条件下作为对照(B区), -10~-20 kPa(C区), -40~-60 kPa(D区)。每个小区一共有4棵桃树, 小区与小区之间采用防水材料隔开, 隔深为1 m, 目的在于防止小区之间水分横向传输。各个小区桃树按照商品果管理要求, 进行科学疏花疏果, 实行统一管理。灌溉方式采用全自动控制微喷灌, 每个小区安装4个喷头, 能够满足试验灌溉均匀度的要求。土壤水势采用德国生产的EQ15土壤

收稿日期: 2009-07-15

基金项目: 国家“十一五”863项目现代节水农业技术创新平台(2006AA100223); “干旱半干旱地区水文生态与水安全学科创新引智基地”项目(B08039)

作者简介: 贺军奇(1978—), 男, 陕西澄城县人, 博士, 讲师, 主要从事节水灌溉新技术研究。E-mail: hjqtzjx@163.com。

水势仪监测。每小区安装2个土壤水势仪,一个安装在每小区中间两棵树之间,距其中一颗树干60 cm,地面以下30 cm处,另一个安装在地面以下60 cm处。根据前期桃树根系空间分布试验研究可知,桃树根系生长大约在5~80 cm之间,主根区在20~40 cm范围内,这一范围内土壤水分变化较为敏感,所以选择将土壤水势仪埋设在30 cm深处。本试验依靠30 cm处土壤水势变化来控制灌溉。茎干变化仪安装在各小区中间两棵树上,安装在地面和第一个分支中点处。整个过程采用全自动数据采集,数据每隔10 min测量一次,30 min记录1次,数据采集采用DL2e数据采集器^[5]。

2 结果与分析

2.1 土壤水势对桃树茎干日生长量的影响

土壤水势对桃树茎干日生长量有一定影响,但在各生长阶段土壤水势对桃树茎干生长影响程度不同,我们将详细分析在不同生长月份中,土壤水势对茎干日生长量的影响。

图1为1~3月份各小区桃树茎干日生长量变化过程,在1、2月份茎干日生长量变化差异较小,各小区平均土壤水势分别为-9.9、-29.3、-15.7 kPa和-15.1 kPa。

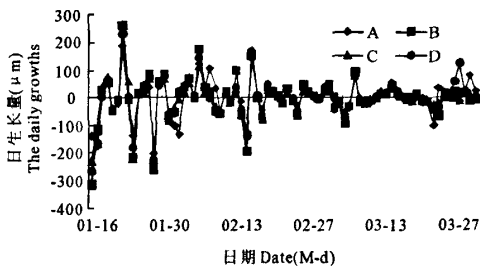


图1 1~3月份各小区桃树茎干日生长量变化曲线

Fig.1 The variety character of ATDG of peach tree in Jan ~ Mar

从方差分析结果来看,1、2月份各个小区茎干日生长量之间差异不显著。说明当土壤水势在-9.9~-29.3 kPa之间波动时,各处理之间桃树茎干日生长量差异不显著。同时得出,在这一生长时段内各小区桃树茎干日生长量为负,树干维持收缩趋势。虽然没有叶片蒸腾,但树干和枝条也会发生微量的水分消耗,从而导致茎干发生轻微收缩。从3月份茎干生长量变化来看,各小区之间茎干日生长量变化差异仍然较小,各小区平均土壤水势值分别为-8.5、-17.6、-11.1 kPa和-11.5 kPa。方差分析表明,3月份各个小区茎干日生长量之间差异不显著。说明在这一生长时段内土壤水势在-8.5 kPa

~-17.6 kPa时不会对茎干日生长量产生影响。3月份各小区平均茎干日生长量分别为3 μm,0.3 μm,0.7 μm和5 μm,说明在3月份桃树茎干开始生长。

4月份各个小区茎干日生长量的平均值分别为25.6,13.7,29.6 μm和26.2 μm,较3月份分别提高22.6,13.4,28.9 μm和26.2 μm,表明4月份茎干生长速度明显提高,如图2所示。5月份各个小区茎干日生长量的平均值分别为21,4.8,22.7 μm和25.6 μm,与4月份相比分别下降7%,64.2%,21.5%和2.3%,生长速率下降幅度由大到小的顺序依次为B>C>A>D。生长速率整体下降的主要原因可能与营养生长所需水分在树体内不同生长器官上的分配有很大关系,从桃树生长的物候期记录来看,5月份叶片与果实生长开始活跃起来,对水分的消耗量加大,所以就会出现茎干生长缓慢现象。各小区5月份平均土壤水势分别为-33.6、-256.6、-11 kPa和-43.7 kPa。从桃树茎干生长速率的下降幅度来看,水势低的B区下降速度最快,其次是水势较高的C区。分析表明,土壤水势过高或者过低都不利于桃树生长,当土壤水势维持在-40~-60 kPa时相对有利于桃树生长,同时在水势下降过程中,生长量并不是持续下降,而是在正负交替生长,所以很难确定出水势下降到某一点时茎干生长速率开始降低。图2中6月份各个小区茎干日生长量的平均值分别为37,33.1,36.7 μm和44 μm,生长速率由大到小的顺序依次为D>A>C>B。平均生长速率较5月份分别提高76.2%,589.6%,61.7%和71.9%。从生长速率的增长幅度来看,6月份桃树茎干生长较快。此时各个小区土壤水势平均值分别为-16.2、-452.6、-9 kPa和-45.3 kPa。D区土壤水势的波动范围在-41~-64.5 kPa之间。结果表明,在这一生长时段内土壤水势维持在-40~-60 kPa之间时有利于桃树生长。

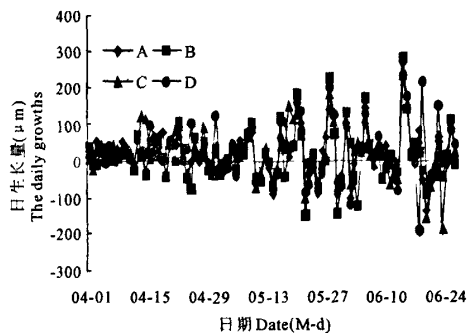


图2 4~6月份各小区桃树茎干日生长量变化曲线

Fig.2 The variety character of ATDG of peach tree in Apr ~ Jun

7 月份各小区茎干日生长量的平均值分别为 39.8, 35.8, 45.2 μm 和 53.7 μm , 生长速率由大到小的顺序依次为 D > C > A > B。与 6 月份相比生长速率分别提高了 7.6%, 8.2%, 23.1% 和 18.1%, 同样分析表明, 7 月份当土壤水势维持在 -40 ~ -60 kPa 之间时有利于桃树生长。图 3 中 8 月份各小区茎干日生长量的平均值分别为 60.7, 66.6, 69 μm 和 83.9 μm , 生长速率由大到小的顺序依次为 D > C > B > A。平均生长速率较 7 月份分别提高 52.5%, 86%, 52.7% 和 56.2%。从茎干日生长速率的升高幅度来看, 8 月份是桃树茎干旺长的第二个时段, 同时 B 区日平均生长量的升高幅度最大, 说明桃树在受到干旱胁迫一段时间以后, 在复水条件下生长速率较快, 同时表明, 当土壤水势维持在 -40 ~ -60 kPa 时有利于桃树生长。图 3 中 9 月份各小区茎干日生长量的平均值分别为 31.3, 28.6, 65 μm 和 29.6 μm 。生长速率由大到小的顺序依次为 B > A > D > C。相对于 8 月份生长速率的下降幅度分别为 48.4%, 57.1%, 8.8% 和 64.7%。结果表明, 从 9 月份开始桃树茎干的生长速度开始降低。

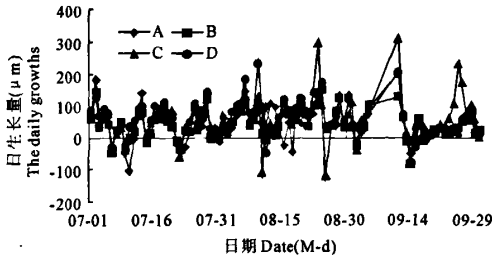


图 3 7~9 月份各小区桃树茎干日生长量变化曲线

Fig. 3 The variety character of ATDG of peach tree in Jul ~ Sep

图 4 中 10 月份各小区茎干日生长量的平均值分别为 -1.3, 4.5, -2.7 μm 和 -1.9 μm , 生长速率较 9 月份分别下降 104.2%, 84.3%, 104.2% 和 106.4%。分析表明, 桃树茎干在这一生长时段内几乎不再生长, 甚至出现负生长现象, 茎干较前期略有收缩。同时发现, 在前期受到干旱胁迫时, 桃树茎干平均生长速率减缓, 但在后期复水以后, 生长速率较快, 而且生长时间延长。方差分析表明, 11、12 月份各小区桃树茎干生长量变化之间无显著差异, 此时茎干完全停止生长, 并且开始收缩。

2.2 土壤水势对桃树生长周期内茎干变化的影响

方差分析表明, 各个小区桃树在整个生命过程中茎干的生长量存在显著差异。表 1 是不同月份各小区土壤水势变化与桃树生长之间的相关性。图 5 为不同处理条件下桃树生命周期内茎干生长过程曲

线。从图中看, 在 1、2 月份桃树茎干基本处于负生长阶段, 通过分析, 这主要与气温变化有关。这一生长时段内空气温度较低, 桃树根系处于休眠状态, 但树体仍然与外界具有少量的能量交换, 此时能量交换主要是通过消耗树体内水分来实现的, 树干内水分消耗因而导致发生负生长现象。从 5 月份之后, 各小区桃树茎干生长开始出现差异, 5 月份各小区桃树茎干生长量分别为 838.2, 386.7, 952 μm 和 950.6 μm , 生长量由大到小的顺序依次为 C > D > A > B。其中 B 区桃树生长最慢, 生长量仅为 D 区生长量的 40.3%。到 6 月份各小区的生长量分别为 1447.5, 823.2, 1 686.2 μm 和 1 574.1 μm , 与 5 月份相比分别提高了 609.3, 436.5, 734.2 μm 和 623.5 μm , 月生长速率由高到低的顺序依次为 C > D > A > B。

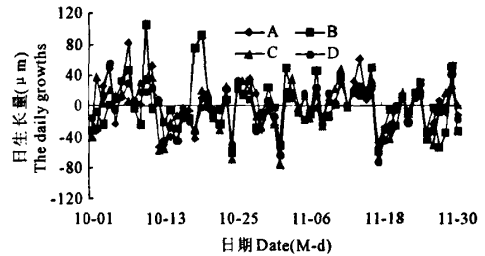


图 4 10~11 月份桃树茎干日生长量变化特征

Fig. 4 The variety character of ATDG of peach tree in Oct ~ Nov

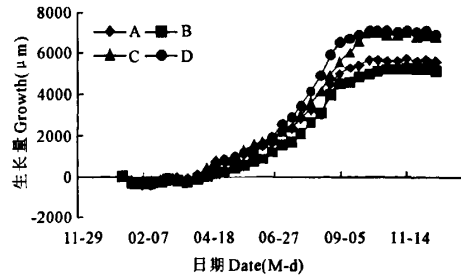


图 5 不同小区桃树茎干生长年变化

Fig. 5 The annual variety of TDG in different plot

7 月份各小区茎干生长量分别为 2 383.2, 1 703.9, 2 459.4 μm 和 2 900.2 μm , 生长量由大到小的顺序依次为 D > C > A > B。与 6 月份相比分别提高了 935.7, 880.7, 773.2 μm 和 1 326.1 μm , 7 月份生长速率分别为 6 月份的 1.54 倍, 2.02 倍, 1.05 倍和 2.13 倍。在这一生长时段内 C 区土壤水势一直维持在 -10 ~ -20 kPa 之间, 但是月生长速率是最低。D 区土壤水势在 -40 ~ -60 kPa 之间生长速率最高, 结果表明土壤水势在 -10 ~ -20 kPa 之间时, 不利于桃树生长。

8 月份各小区茎干生长量分别为 3 005.7, 3 091.1, 4 154.3 μm 和 4 933.7 μm , 生长量由大到小的顺序依次为 D>C>B>A。8 月份月生长速率由大到小的顺序依次为 D>C>B>A, 分别是 7 月份生长速率的 0.67, 1.58, 2.19 和 1.53 倍。结果表明, 这一生长时段内除 A 区桃树茎干生长速率降低之外, 其他 3 个小区均上升, 而且 C 区上升幅度最大。从数据记录来看, 这一时段内当 A 区土壤水势低于 -80 kPa 时, 茎干出现微收缩现象, 表明从 7 月到 8 月这一时段内, 当土壤水势低于 -80 kPa 时就会影响桃树正常生长。

9 月份各小区茎干生长量分别为 5 249.6, 4 619.2, 5 985.2 μm 和 6 686.1 μm , 生长量由大到小的顺序依次为 D>C>A>B。与 8 月份相比月生长量分别提高了 2 243.9, 1 528.1, 1 830.9 μm 和 1 752.4 μm , 9 月份月生长速率由大到小的顺序依次为 A>C>D>B, 分别是 8 月份生长速率的 3.6,

1.1, 1.08 和 0.86 倍。分析表明, D 小区生长速率开始下降, A 小区在受到轻度干旱以后生长速率急剧升高, B 区和 C 基本保持 8 月份的生长速度。

10 月份各小区茎干生长量分别为 5 669.6, 5 118.7, 6 970.8 μm 和 7 100.5 μm , 与 9 月份相比月生长量分别提高了 420, 499.5, 985.6 μm 和 414.4 μm , 10 月份月生长速率由大到小的顺序依次为 C>B>A>D, 与 9 月份生长速率相比分别降低 81.3%, 67.3%, 46.2% 和 76.4%。分析表明, 桃树在 9 月到 10 这一生长时段内生长速率较低, 10 月份以后桃树茎干基本停止生长。从整个分析过程来看, 桃树茎干生长最快出现在 7 月中旬到 9 月中旬, 这一时段内桃树生长对水分需求量较大。

综合分析表明, 土壤水势过高并不利于桃树生长; 当土壤水势维持在 -40 ~ -60 kPa 之间有利于桃树生长; 适当干旱会有助于桃树生长。

表 1 不同月份土壤水势与茎干生长量变化之间的相关系数

Table 1 The correlation between SWP and TDC at different month

小区 Plot	1、2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11、12 月
A	-0.342	0.241	-0.965	-0.323	-0.085	-0.496	-0.521	-0.457	-0.382	-0.254
B	-0.474	0.065	-0.970	-0.847	0.546	0.233	-0.371	-0.072	0.746	0.066
C	-0.367	0.324	-0.447	-0.616	0.353	-0.540	0.753	—	—	—
D	-0.516	0.321	-0.982	-0.880	-0.356	-0.657	-0.644	-0.870	0.423	0.417

3 结 论

研究表明, 桃树茎干日生长量在休眠期基本为负值, 第一生长期内平均日生长量在 20 ~ 50 μm 之间, 第二生长期内平均日生长量在 30 ~ 70 μm 之间, 停长期内平均日生长量出现正负交替。综合分析表明, 当土壤水势维持在 -40 ~ -60 kPa 之间时, 各生长期内平均日生长量较高, 有利于桃树生长。各个小区桃树在整个生长周期内茎干生长量存在显著差异, 整个生长周期内生长量由大到小顺序为 D>C>A>B。同时结果表明, 土壤水势维持在 -10 ~ -20 kPa 之间不利于桃树生长, 土壤水势在 -40 ~ -60 kPa 之间较为适宜, 桃树在受到干旱胁迫一段时间, 复水后生长速率会大大提高。

总之, 土壤水势是描述土壤干旱程度的重要指标, 在生产实践中可以应用陶管式负压计来测量土

壤水势。在确定果树适宜生长土壤水势阈值范围的基础上, 便可以通过测定土壤水势来控制土壤水分, 以指导灌溉实践。

参 考 文 献:

[1] 吴普特, 冯 浩, 赵西宁, 等. 现代节水农业理念与技术探索[J]. 灌溉排水学报, 2006, 25(4): 1—6.

[2] 何 斌, 李卫红, 陈永金, 等. 干旱胁迫条件下胡杨茎流与茎直径变化分析——以塔里木河下游英苏断面为例[J]. 干旱区地理, 2007, 30(2): 223—230.

[3] 高照全. 桃树水分传输的系统模型[D]. 山东: 泰安, 山东农业大学, 2004.

[4] Intrigliolo D S, Castel J r. Continuous measurement of plant and soil water status for irrigation scheduling in plum[J]. Irrigation Science, 2004, 23: 93—102.

[5] 赵晓勤, 宋世文. 荔枝生产相关的水分生理指标远程监测研究[J]. 果树学报, 2005, 22(6): 644—648.

Study on the effect of soil water potential on stem diameter variation of peach tree

HE Jun-q¹, WU Pu-te², WANG You-ke²

(1. *Institute of Water and Development of Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China;*

2. *NERC for Water Saving Irrigation at Yangling, Yangling, Shaanxi 712100, China*)

Abstract: This test is mainly to study the variation discipline of stem of peach tree in the condition of different soil water potentials. The test is designed in four treatments, which are $-100 \sim -110$ kPa(A), control under natural condition(B), $-10 \sim -20$ kPa(C) and $-40 \sim -60$ kPa(D). Then analysis is made of the difference of the daily change of the stem of peach tree in each area in different seasons. The results indicate that the daily growth of the stem in dormant time is almost negative value. In the first period, the average of daily growth is between $20 \sim 50 \mu\text{m}$. In the second period, the average of daily growth is between $30 \sim 70 \mu\text{m}$. In the period of growth stopping, the average of daily growth is in alteration of positive and negative. At the same time, in each area the growth of the stem of peach tree in growing periodicity is significantly different and the subsequence is $D > C > A > B$. From the comprehensive analysis, in growth periodicity of peach tree, the soil water potential kept at $-40 \sim -60$ kPa will be propitious to the growth of peach tree.

Keywords: peach tree; soil water potential; stem diameter variation

(上接第 160 页)

Analysis and countermeasures on current water-saving planting structure in Daman irrigation district of Heihe River Basin

WANG Juan¹, WU Pu-te^{1,2,3}, WANG Yu-bao^{1,2}, ZHAO Xi-ning^{1,2,3}

(1. *College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;*

2. *National Engineering Research Center for Water Saving Irrigation at Yangling, Yangling, Shaanxi 712100, China;*

3. *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China*)

Abstract: Using participatory means such as questionnaire survey, semi-structure interview and scene investigation, we investigated the present planting structure situation and related problems of Daman irrigation district in Heihe River Basin. Using participatory analysis tools as problem matrix, problem tree and SWOT, we analyzed the survey results. Based on these, we found the current planting problems in the irrigation district, which could be used for decision-making basis for future planting adjustment. According to the survey, six key problems were found, such as irrational land structure, poor sales of economic crops, large gap between supply and demand of capital investment, difficulty in promoting new varieties of plant and technology, weak force of government in guiding and supporting agriculture, and poor water-saving and eco-environment awareness among farmers. Then six countermeasures were put forward to solve these problems of crop planting in the irrigation district, including accelerating land circulation, strengthening intensive agriculture development, increasing rural credits, reinforcing general regulation and improving irrigation facilities, etc.

Keywords: Daman irrigation district; problem matrix; problem tree; SWOT analysis; water-saving planting structure adjustment