

延安丘陵沟壑区果园土壤储水量动态研究

孟秦倩^a, 王 健^b

(西北农林科技大学 a. 水利与建筑工程学院, b. 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 果园土壤储水量是果园高产的限制因素之一。为了提高土壤水分利用效率,实现果园高产稳产,从 2001~2005 年连续 4 年对延安飞马河流域果园土壤水分进行了监测,采用时间序列小趋势分析法研究了果园土壤储水量的动态变化规律。结果表明,果园土壤储水量趋势项在 2002~2005 年分别为 304.9,301.2,346.3 和 275.7 mm,受降水量影响呈周期性波动变化,具有一定滞后性;土壤储水量变化季节项变化周期为 12 个月,年变化表现为 1~5 月呈现持续降低趋势,6~8 月受降水量补给的影响呈现一定的波动,9~12 月土壤储水量逐渐升高;根据各层土壤储水量的变化幅度,0~40 cm 为速变层,40~100 cm 为活跃层,100~200 cm 为缓变层,200~300 cm 为相对稳定层,300 cm 以下为稳定层。果园土壤储水量实测值与模拟值吻合较好,说明采用时间序列可较好地对土壤储水量进行模拟,在土壤剖面上表现为,连续干旱导致表层土壤储水量降低较大,深层土壤储水量也呈现降低趋势。

[关键词] 果园土壤;土壤储水量;丘陵沟壑区;延安

[中图分类号] S152.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)11-0161-04

Study on soil water storage dynamic in slope-orchard of Yan 'an gully region

MENG Qin-qian^a, WANG Jian^b

(a. College of Water Resources and Architectural Engineering; b. College of Resources and Environment,
Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The soil water storage is one of the high-output restrictions in slope orchard. Dynamic change of soil water storage in slope orchard is studied by the method of timeliest trend. In order to enhance the soil moisture use efficiency and achieve high-stable yield, the soil moisture has been monitored for four years in slope orchard in Yan 'an Feimahe catchments from 2001 - 2005. The result shows that trends items of soil storage are 304.9, 301.2, 346.3 and 275.7 mm, respectively in 2002 - 2005. It takes on the cyclical variation with some lag being affected by the precipitation. The cycle of seasonal items of soil storage is 12 months. The soil storage continues declining from January to May, fluctuating from June to August and rising gradually from September to December. The soil layer can be divided into five. 0 - 40 cm is variable-speed layer, 40 - 100 cm is active-layer, 100 - 200 cm is slow-layer, 200 - 300 cm is relatively stable-layer, and under 300 cm is stable layer according to the magnitude of changes. The measured and simulated data are in good agreement, which manifests that timeliest can simulate the soil water storage well. The surface soil storage shows a larger reduction because of continuous drought and the same as the deep soil.

Key words: orchard soil; soil water storage; gully region; Yan 'an

†收稿日期] 2006-10-26

[基金项目] 中国科学院知识创新项目“黄土高原水土保持与生态环境建设试验示范研究”(KZCX1-06-02-003)

[作者简介] 孟秦倩(1971-),女,陕西兴平人,讲师,在读博士,主要从事水土资源高效利用研究。

水资源的不足及日益短缺,愈来愈成为黄土高原植被建设的限制因素。早在 20 世纪 80 年代中期,有研究者曾对黄土高原人工林、草地土壤水分现状进行了调查,并分析了我国北方地区人工植被土壤干化问题^[1-5]。90 年代末,侯庆春等^[6]和赵景波等^[7]从林学角度出发,进行了土壤水分和树木生长等方面的综合调查;刘贤赵等^[8]通过不同土地利用方式比较分析认为,果园土壤水分耗散及果园强烈的蒸腾作用形成土壤低湿层。果园土壤水分变化规律取决于两个方面:一是土壤水分的蓄积,如降水、灌溉水、地下水的供应和水气的凝结;二是土壤水分的消耗,如地面蒸发、果树的利用和蒸腾。土地利用方式的改变,直接影响土壤墒情的变化,而通过人为适时有效地控制和调节,能使秋水春用,提高坡面果园生产力^[9-11]。本研究在系统测定果园土壤水分的基础上,采用时间序列小趋势分析法,研究了坡面果园土壤储水量的动态变化规律,以期为进一步研究坡面果园的合理配置奠定基础。

1 研究区概况

研究区位于延安市宝塔区飞马河村,即飞马河试验示范区,是典型的丘陵沟壑区。该区内沟壑纵横,梁峁起伏,地面割裂度大,地形复杂,土地类型多样,以坡地为主。农田主要土壤由黄土母质发育而来,山坡地和沟台地主要为新生或次生土壤覆盖,其中 90% 为黄绵土。由于土壤侵蚀作用和气候干旱,该区土壤肥力低下,主要表现为缺氮少磷。飞马河试验示范区土地面积 765.2 hm²,其中农田和果园面积分别为 40.0 和 63.0 hm²,占全区总土地面积的 5.23% 和 8.23%;区内果园主要分布在梁峁顶部和坡上。全区多年平均降水量 550.0 mm,在降水保证率为 80% 的情况下,平水年 570 mm,偏枯年 440 mm,枯水年 360 mm。由于年降水的季节分布极不平衡,其中 6~9 月降水量占全年降水量的 65% 以上,且多以暴雨形式出现。春季和夏初干旱发生频繁,主要发生在 3 月上旬到 7 月上旬,降水量仅 70 mm 左右,为常年降水量的 34%^[12]。干旱发生的频率为两年一大旱,春、秋季的旱月更为突出。

2 材料与方法

2.1 试验设置

依据飞马河试验示范区果园立地条件,从 2001-04 开始,分别在研究区的梁峁顶、梁峁坡(分阳坡、阴坡、半阴半阳坡和半阳半阴坡)的成龄(20 年生)

苹果园选择坡形、坡度和果树栽植密度相同的地块,布设了 10 组观测点。

2.2 测定项目

2.2.1 土壤含水量 采用探头式中子水分测定仪与烘干法相结合测定土壤含水量,标定中子水分测定仪时,将其读数标定为质量含水量。测深 400 cm,其中 0~200 cm 每 20 cm 为一层,200 cm 以下每 50 cm 为一层。分别于每月 1 日和 15 日测定 1 次,降雨前后加测,每层重复 3 次。

2.2.2 降水量 用普通雨量计和自记雨量计相结合的方法测定。

2.2.3 土壤容重 开挖土壤剖面,采用环刀法测定^[13]。

2.3 计算方法

每层土壤储水量的计算公式为:

$$W_i = \omega_i \gamma_i h, \quad (1)$$

$$W = \sum W_i. \quad (2)$$

式中: W_i 为每层土壤储水量,mm; W 为土壤总储水量,mm; ω_i 为每层土壤质量含水量,%; γ_i 为每层土壤干容重,g/cm³; h 为土层厚度,取值为 20 或 50 cm。

3 结果与分析

3.1 果园土壤储水量的动态变化

土壤水分是植被生长所需水分的直接来源,图 1 反映了研究区域果园土壤水分年际、年内的变化规律。其中,以 60% 田间持水量作为土壤适宜储水量标准,低于该值为亏缺。由图 1 可见,果园土壤存在不同程度的水分亏缺。

由图 1 可以看出,0~200 cm 土层土壤储水量呈现周期性分布,年内表现为补充期、消耗期和波动期的规律变化,年际之间受降水量的影响呈现年际间波动变化,同时土壤储水量波动较降水量明显滞后。2002 年降水量为 500.8 mm,6 月份降水量 191.4 mm,属偏枯年,果园土壤储水量明显偏低;2002-05~2003-08 0~200 cm 土层土壤储水量低于适宜储水量;2003 年降水量 645 mm,属丰水年,土壤储水量得以恢复。

在观测时段内,2003-08 0~200 cm 土层土壤储水量最低,为 185 mm;随后,2003-08~10 降水量分别为 177.9,134.8,73.8 mm,土壤储水量得到恢复,到 2003-11 土壤储水量达 456 mm。

对果园土壤储水量进行滑动平均,结果见图 1。由图 1 可以看出,果园土壤储水量受降水量影响呈现周期性变化,变化周期为 12 个月。

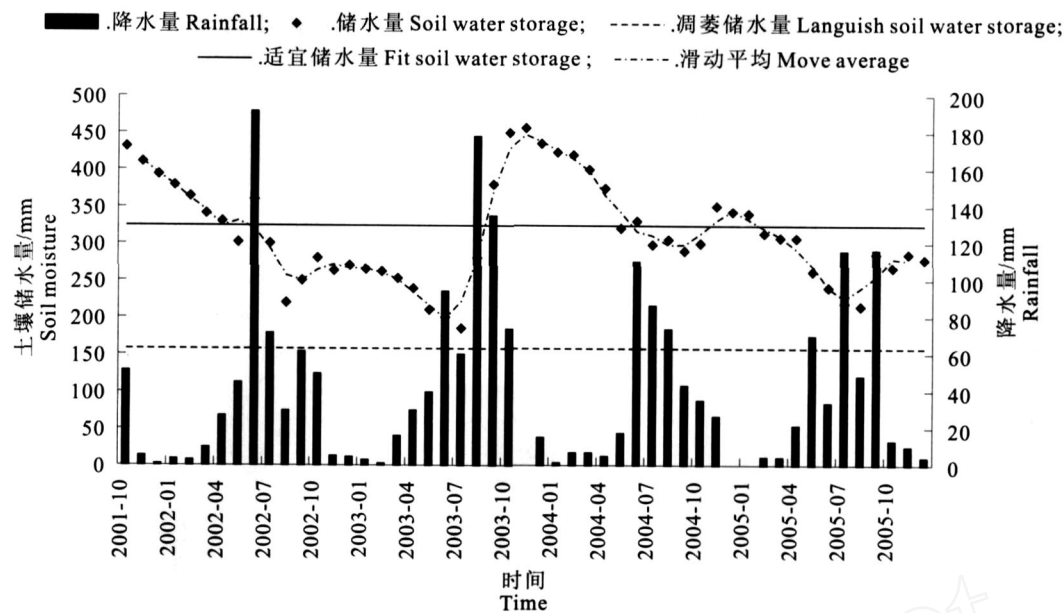


图 1 果园 0~200 cm 土层土壤储水量的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of soil water storage of 0 - 200 cm soil-layer in slope orchards

3.2 果园土壤储水量时间序列分析

果园土壤储水量时间序列为平稳序列^[14],对平稳序列可用以下公式表示:

$$X_t = m_t + s_t + Y_t。$$
 (3)

式中: X_t 为土壤储水量时间序列; m_t 为缓慢变化函数,即趋势项; s_t 为周期是 12 个月的函数,称为季节项; Y_t 为随机项^[14]。

针对该时间序列,采用小趋势分析法,趋势项的无偏估计 $m_j = \frac{1}{12} \sum_{k=1}^{12} x_{j,k}$, 季节项的无偏估计 $s_k = \frac{1}{d_j} \sum_{j=1}^d (x_{j,k} - m_j)$, $k=1,2,...,12; j=1,2,...,d(d=4)$ 。

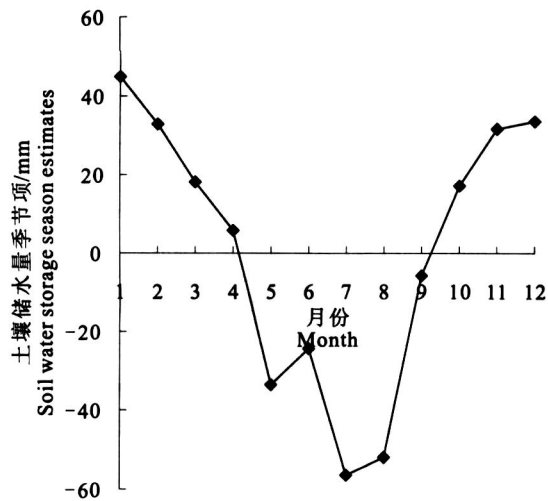


图 2 果园 0~200 cm 土层土壤储水量季节项的估计

Fig. 2 Season estimates of 0 - 200 cm soil water storage capacity in slope orchards

据此,果园土壤储水量趋势项 2002~2005 年分别为 304.9,301.2,346.3,275.7 mm,说明果园土壤储水量受降水量影响。由于受 2001 年降水量的影响,2002 年储水量相对较高;虽然 2003 年降水量较大,但前期土壤储水量很低,故其趋势项偏低;2004 年初土壤储水量较高,趋势项最高;2004 年降水量偏少,但土壤储水量消耗较多,2005 年降水量又很少,使 2005 年 0~200 cm 土层土壤储水量趋势项最低。果园土壤储水量季节项的变化见图 2。

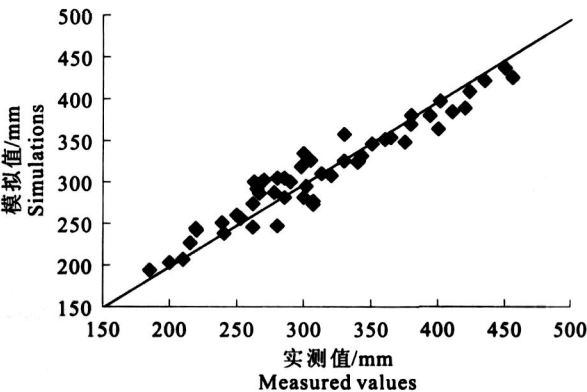


图 3 果园土壤储水量实测值与模拟值的比较

Fig. 3 Contrast between measured values and simulated values of soil water storage

由图 2 可以看出,果园土壤储水量在 1~5 月呈现持续降低,而 6~8 月受降水量补给的影响,呈现一定的波动,9~12 月土壤储水量得到缓慢恢复。

通过计算分离出果园土壤储水量随机项,在一定情况下,果园土壤储水量随机项受降水量及蒸发量的影响,表现出较强的波动,通过对果园土壤储水量随机项与月降水量及月蒸发量进行回归分析,果园土壤储水量随机项 Y_t 可用月降水量 $P(\text{mm})$ 和月蒸发量 $E(\text{mm})$ 来描述:

$$Y_t = 4.236 + 0.375 \times P - 0.213 \times E, R = 0.8178$$

3.3 果园土壤储水量的动态模拟

根据时间序列分析,果园土壤储水量可通过时间序列的趋势项、季节项和随机项来描述,图 3 为果园土壤储水量实测值与模拟值的比较。

由图 3 可以看出,果园土壤储水量实测值与模拟值均分布在 45 线附近,两组数据相关系数 R 为 0.944,与实测值相比,模拟值最大误差 34.77 mm,相对误差 12.12%,可见模拟值与实测值吻合较好。

3.4 果园土壤储水量的剖面特征

图 4 为果园经历 2003 年 645 mm 降水量补给后,在 2004 和 2005 年持续干旱情况下果园土壤各土层土壤储水量随时间变化过程。由图 4 可以看出,果园土壤储水量总体呈下降趋势,土壤储水量变化幅度随土层深度增加而减小。在 0~40 cm 表土范围内,土壤储水量变化最大,这主要是由于表土受年降水量补给及蒸散消耗的影响较大;40~100 cm 与 100~200 cm 土层土壤储水量变化趋势一致,呈先减小后增加,又减小的趋势,其中 100~200 cm 土层变化幅度较小;200~300 cm 土层土壤储水量在 2004 和 2005 年均未得到补充,持续降低;300~400

cm 土层土壤储水量变化幅度很小,随干旱延续,该层土壤储水量略有减小趋势。

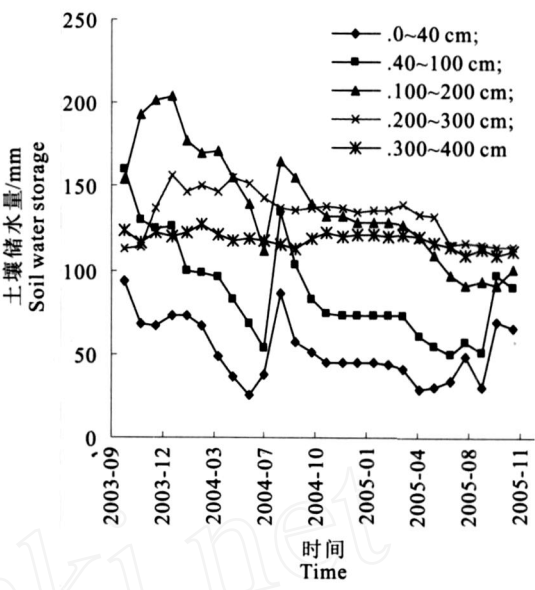


图 4 果园 0~400 cm 土层土壤储水量的动态变化
Fig.4 Dynamic change of water storage capacity of 0 - 400 cm soil-layer in slope orchards

由表 1 可见,表层 0~40 cm 土壤储水量平均为 52.1 mm,变异系数为 0.34,说明该层土壤储水量受降水量等的影响较大,为速变层;40~100 cm 为苹果根系的主要分布区,土壤储水量变化较大,变异系数为 0.32,为活跃层;100~200 cm 受部分根系影响,土壤储水量有一定变化,为缓变层;200~300 cm 土壤储水量的变化很小,在观测期内变化相对稳定,为相对稳定层;300 cm 以下,在观测期内,土壤储水量几乎不变,变异系数仅为 0.04,为稳定层。

表 1 果园 0~400 cm 土层土壤储水量的特征

Table 1 Water storage characteristics of the 0 - 400 cm soil-layer in orchard

土层深度/cm Depth	均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variability	活跃等级 Active rank
0~40	52.1	17.6	0.34	速变层 Variable-speed layer
40~100	87.1	28.1	0.32	活跃层 Active-layer
100~200	139.1	32.3	0.23	缓变层 Slowly-layer
200~300	134.1	13.1	0.10	相对稳定层 Relatively stable-layer
300~400	118.3	4.4	0.04	稳定层 Stable-layer

4 结 论

果园土壤储水量趋势项在 2002~2005 年分别为 304.9,301.2,346.3 和 275.7 mm,受降水量影响呈周期性波动变化,具有一定滞后性;土壤储水量变化季节项变化周期为 12 个月,在 1~5 月呈现持续

降低趋势,6~8 月受降水量补给的影响呈现一定的波动,9~12 月土壤储水量逐渐升高;果园土壤储水量实测值与模拟值吻合较好,说明采用时间序列可较好地对土壤储水量进行模拟,在土壤剖面上表现为,连续干旱导致表层土壤储水量降低较大,深层土壤储水量也呈现降低趋势。(下转第 170 页)

对小麦生产的科学管理十分有益。另外,气候趋暖对农业生产的影响以及相应的对策不仅限于小麦这一具体作物,还应在农业生产的总体安排、各环节的衔接以及内部结构的调整上进行全面、细致地思考和部署,这样才能在与大自然的互动中取得主动,并始终维持一种和自然的和谐关系。

[参考文献]

- [1] 竺可桢. 中国近 5000 年来气候变迁的初步研究[J]. 中国科学: B 辑, 1973, 16(2): 291-296.
- [2] 张福建. 气候变化对中国木本植物的可能影响[J]. 地理学报, 1995, 50(5): 402-410.
- [3] Murray M B, Cannell M G R, Smith R I. Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming[J]. J Appl Ecol, 1989, 26: 69-70.
- [4] 郑景云, 葛全胜, 郝志新. 气候变暖对我国近 40 年植物物候变化的影响[J]. 科学通报, 2002, 47(20): 1584-1587.
- [5] 方修琦, 余卫红. 物候对全球变暖响应的研究综述[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 714-718.
- [6] 邹效孟. 农业物候学[M]. 北京: 农业出版社, 1983: 1-2.
- [7] 宛敏渭, 刘秀珍. 中国物候观测方法[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 25-38.
- [8] 国家气象局. 农业气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 1993: 131-138.
- [9] 薛建辉. 森林生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006: 32-34.
- [10] 王利琳, 庞基良, 胡江琴, 等. 温度对植物成花的影响[J]. 植物学通报, 2002, 19(2): 176-193.
- [11] 竺可桢, 宛敏渭. 物候学[M]. 北京: 科学普及出版社, 1963: 44-50.
- [12] 李世奎, 侯学良, 欧阳海, 等. 中国农业气候资源和农业气候区划[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 220-227.

(上接第 164 页)

[参考文献]

- [1] 张雷明, 上官周平. 黄土高原土壤水分与植被生产力的关系[J]. 干旱区研究, 2002, 19(4): 59-63.
- [2] 杨文治, 邵明安. 黄土高原环境旱化与黄土中水分的关系[J]. 中国科学: D 辑, 1998, 28(4): 357-365.
- [3] 杨维西. 试论我国北方地区人工林植被土壤干化问题[J]. 林业科学, 1998, 34(4): 14-21.
- [4] 马玉玺. 黄土高原刺槐林生长动态研究[J]. 水土保持学报, 1990, 4(2): 26-32.
- [5] 杨新民, 杨文治. 灌木林地的水分平衡研究[J]. 水土保持研究, 1998, 5(1): 109-118.
- [6] 侯庆春, 韩蕊莲, 韩仕峰. 黄土高原人工林草地“土壤干层”问题初探[J]. 中国水土保持, 1999(5): 11-14.
- [7] 赵景波, 周旗, 侯角坚. 黄土高原土壤干层对生态环境建设的影响[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2003, 13(4): 93-97.
- [8] 刘贤赵, 黄明斌. 渭北旱塬苹果园土壤水分环境效应[J]. 果树学报, 2002, 19(2): 75-78.
- [9] 黄明斌, 杨新民, 李玉山. 黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 7-13.
- [10] 朱德兰, 吴发启. 黄土高原旱地果园土壤水分管理研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 40-42, 115.
- [11] 李玉山. 黄土区土壤水循环特征及其对陆地水文循环的影响[J]. 生态学报, 1983, 3(2): 91-101.
- [12] 王宏伟, 刘学华, 袁延文. 延安市降水资源统计分析与研究[J]. 陕西气象, 2001(5): 13-14.
- [13] 刘成宇. 土力学[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1997: 24-27.
- [14] Peter J, Brockwell, Richard A, 等. 时间序列的理论与方法[M]. 田铮, 译. 北京: 高等教育出版社, 2005: 2-56.