

渭北旱塬不同种植年限苹果园土壤水分的变化特征

邹养军¹, 陈金星¹, 马锋旺¹, 折小锋², 党志明², 屈军涛²

(1. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省洛川县果树研究所, 陕西 洛川 727400)

摘 要: 对渭北旱塬不同种植年限和不同产量苹果园的土壤垂直深度含水量进行了研究。结果表明, 不同种植年限的果园中, 0~1 m 的土层水分变化明显, 随土壤深度的增加土壤含水量下降较快; 在 1~2 m 土层中, 含水量随土壤深度加深逐渐降低, 随种植年限的增加也逐渐降低, 且变化明显; 2~8 m 土层中各种种植年限的不同深度土壤含水量变化不大, 种植年限越长含水量越小, 且不同年限果园之间的差异明显; 10~15 m 土层的含水量随种植年限增加土壤含水量逐渐降低, 差异明显。不同产量园中, 0~2 m 土层, 产量越高的果园土壤含水量越大, 随着土壤深度的增加含水量先升高后降低; 2~8 m 土层中含水量较稳定, 没有剧烈波动, 8~10 m 土壤出现含水层; 10~15 m 土层含水量在 15% 左右, 波动不大。

关键词: 苹果; 土层深度; 不同年限; 不同产量园; 含水量

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)01-0041-03

中国北方干旱地区水资源缺乏, 如何充分利用有限的水资源, 最大限度地促进农业高产高效和可持续发展是目前农业生产中亟需解决的问题。处于干旱和半干旱地区的黄土高原气候干旱, 缺水是制约黄土高原地区生态环境建设的主要因素, 因此土壤水资源对农、林、草业生产具有十分重要的意义^[1]。由于特殊的气象和土壤形成等原因^[2], 黄土高原的土壤处于低蓄水状态, 水分亏缺较多^[3]。早在 20 世纪 80 年代中期, 杨文治等曾就黄土高原人工林、草地土壤水分现状作过调查, 并从土壤物理学和水分平衡方面作过分析^[4]。20 世纪 90 年代末, 侯庆春等从林学角度出发, 进行了土壤水分和树木生长等方面的综合调查研究^[5], 土壤水资源是根系带中能被植物利用并可恢复的水量^[6], 然而当地降水资源十分有限, 果园的土壤耕作多采用传统的清耕法, 易形成裸露的地表, 使土壤水分大量蒸发而损失^[7,8], 土壤水分不足及水分利用率不高已经成为制约当地苹果产业可持续发展的最大障碍之一。因此, 如何合理高效利用有限的水资源对保证果树高产、优质有着十分重要的意义, 而合理调控果树根区土壤水分状况是农业水资源高效利用的基础。

在半干旱、半湿润地区, 由自然降水蓄积的土壤水分和作物播种前人工灌溉储水形成的土壤深层水是作物生长的重要水源。土壤深层水含量的多少直接影响作物的生长发育状况, 并决定作物产量的高低^[9]。研究表明, 充足的土壤深层水能促使作物根

系深扎并增加深层根系干物质分配比例, 削弱根信号对作物生长发育的抑制作用, 保持叶片较好的水分状况和生理活性, 从而提高作物光合生产量和水分利用效率^[10~12]。

深层土壤水分对黄土高原地区果树生长发育及产量的形成具有重要的意义。本研究对不同类型的苹果园不同深度土壤的含水量变化进行了测定, 旨在了解渭北干旱地区不同果园土壤水分垂直变化情况, 指导干旱地区果园土壤水分管理, 提高果园产量, 增加农业收益。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于渭北旱塬中北部的洛川县凤栖镇谷咀村, 属暖温带半湿润大陆性季风气候, 平均海拔 1 100 m, 年均气温 9.2℃, 日照时数 2 552 h, 年总辐射量 55.41 kJ/cm², 多年平均降水量 610 mm, 大于 10℃ 的积温 3 040℃, 土壤为疏松的黑垆土, 质地为中壤, 土层深厚, 剖面质地均匀。试验区因缺少水分, 不同种植年限果园没有对果园进行补充灌溉, 高产园和中产园有不同程度的适度灌溉, 而且高产园果树行间种植三叶草, 试验区苹果园总面积 67 hm², 主栽品种为乔化红富士(富士/新疆野苹果), 发展苹果已有 20 余年历史, 选择该区不同年限和不同产量水平果园进行土壤水分研究。

收稿日期: 2010-04-03

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2007BAD79B05); 农业科技跨越计划(2007-13)

作者简介: 邹养军(1969—), 男, 陕西乾县人, 副教授, 主要从事果树水分生理生态研究。

共同第一作者陈金星(1983—), 男, 山东安丘人, 硕士研究生, 主要从事果树水分生理生态研究。

通讯作者: 马锋旺(1964—), 男, 山东济宁人, 教授, 主要从事果树逆境生理研究。

1.2 试验设计

共设 8 个处理:农田土壤(CK),从未种植过苹果树,每年仅种植一季冬小麦的农田土;种植苹果 5 年左右的苹果土(5 a);种植苹果 10 年左右的苹果土(10 a);种植苹果 15 年左右的苹果土(15 a);种植 20 年左右的苹果土(20 a)。高产园(H),产量高于 3 000 kg/667m²;中产园(M),产量 1 500 ~ 3 000 kg/667m²;低产园(L),产量低于 1 500 kg/667m²。

1.3 取样及分析方法

试验于 2008 年 9 ~ 10 月进行,对农田、树龄分别为 5 年、10 年、15 年、20 年的红富士苹果园,以及不同产量水平的苹果园土壤采样,选取果园管理水平一致、树体及长势均匀的苹果园进行采样,在距离树干 2 m 左右选点取土,每点采集深度 15 m;0 ~ 2 m 每 0.2 m 土层取样;2 ~ 15 m 每 0.5 m 取样,同一果园采样重复 3 次,采用人工土钻(每 1 m 连接在一起,由水利部水土保持研究所生产)取土,烘干法测定土壤水分含量。所取土样湿重在现场测定,盛装铝盒带回所取土样用烘箱在 105℃ ~ 110℃ 下烘干,称干重量,然后计算重量含水量,计算土壤水分含量(干土质量%)。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限果园土壤水分变化

不同种植年限的苹果园浅层土壤(0 ~ 2 m)含水量变化差异明显,有较强的规律性,不同土层的土壤水分变化幅度差异性很大,在 0 ~ 0.4 m 的土层,5 a 生果园土壤含水量最高;0.6 ~ 0.8 m 的土层农田土壤含水量明显大于种植园,且各种种植年限果园含水量的差异不明显,基本处于同一水平;1 ~ 2 m 土层含水量在不同年限之间有很强规律性,随种植年限的增加含水量逐渐降低,而且差异明显(图 1)。

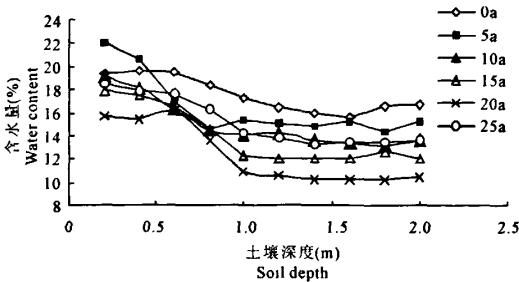


图 1 不同种植年限苹果园土壤含水量随深度变化
Fig.1 Soil moisture dynamic of dry apple orchard of different cultivation age

总体上分析浅层和深层土壤的含水量,发现随

着种植年限的增加有逐步降低的趋势,随土层深度增加变异系数逐渐降低。农田和各种植园的土壤含水量随深度增加变化趋势一致(图 1、表 1)。

表 1 不同果园类型土壤水分剖面的特征值
Table 1 Characteristic values of water content on soil profile in different types of apple orchards

苹果园类型 Type of apple orchards		土层深度(m) Soil depth		
		2 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 15
CK	均值 Mean(%)	20.7367	23.5867	17.2200
	标准差 SD	0.6780	0.4661	0.0954
	变异系数 CV	0.0327	0.0198	0.0055
5 a	均值 Mean(%)	20.0400	23.0600	16.3467
	标准差 SD	0.8102	0.6129	0.1201
	变异系数 CV	0.0404	0.0266	0.0073
10 a	均值 Mean(%)	15.0467	17.8567	14.4200
	标准差 SD	1.9637	1.5451	0.5462
	变异系数 CV	0.1305	0.0865	0.0379
15 a	均值 Mean(%)	14.8867	16.3000	12.5500
	标准差 SD	2.5090	2.0959	0.3143
	变异系数 CV	0.1685	0.1286	0.025
20 a	均值 Mean(%)	12.0833	14.6633	12.0333
	标准差 SD	0.7427	0.3669	0.5085
	变异系数 CV	0.0615	0.025	0.0225
低产园 low-yield orchard	均值 Mean(%)	16.2600	18.3067	14.2033
	标准差 SD	0.8253	0.6201	0.0208
	变异系数 CV	0.0508	0.035	0.0015
中产园 Normal-yield orchard	均值 Mean(%)	15.1567	18.9000	14.5067
	标准差 SD	2.0612	2.0959	1.1217
	变异系数 CV	0.1359	0.1285	0.0773
高产园 High-yield orchard	均值 Mean(%)	16.3200	19.5167	16.8800
	标准差 SD	0.7908	0.7617	0.3400
	变异系数 CV	0.0484	0.039	0.0201

注 Note: SD - standard deviation; CV - coefficient of variation

表层(0 ~ 2 m)土壤含水量差异最大,变化程度剧烈,分析认为该层由于受降水、风力、温度等气象因子的影响大而发生的;而土层(2 ~ 8 m)土壤含水量变化趋势相对平缓,随种植年限的增加土壤含水量逐渐减小,农田和 5 a 苹果园的土壤含水量明显高于其它年限的果园,这说明随着种植年限的增加苹果生长需水量增加,而黄土高原地区人工补水、天然降水满足不了苹果树生长需要,根系就会从土壤深层吸取水分,来补充生长发育需要的水分。8 ~ 10 m 土层的含水量又有增加的趋势,表明此层是土壤深层含水层,此处土层较深,苹果根系较难到达,土层含水量受到的影响相对较小;土层(10 ~ 15 m)的

含水量又降低,而且随种植年限增加土壤含水量也是逐渐降低的(表1)。

2.2 不同产量果园土壤水分变化

不同产量的苹果园不同土壤深度的土壤含水量变化幅度差异性很大,随土壤深度的增加土壤含水量变异系数有逐渐变小的趋势(表1)。由图2可以看出,在0~2 m土层不同产量果园之间土壤水分的差异明显,高产园、中产园、低产园含水量依次降低,而且土壤含水量随着土层深度的增加先升高后降低,高产园与其它产量园差异明显,说明果园的产量与土壤含水量关系密切。2~8 m,10~15 m土壤含水量变化平缓,果园产量越高土壤含水量就大;8~10 m土壤含水量又增大,此层的水分含量接近1 m土层的含水量,说明此处是土壤含水层。

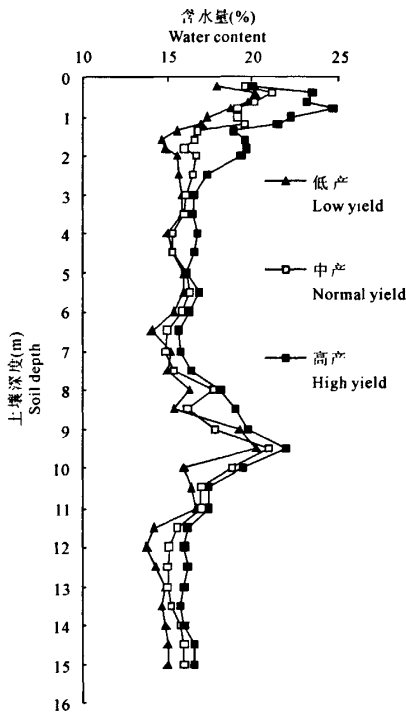


图2 不同产量苹果园土壤含水量变化

Fig.2 Soil moisture dynamic of dry apple orchard of different production

3 结论

以黄土高原为代表的中国干旱地区,水资源季节性缺乏。长期种植苹果的土壤水分在0~2 m土层均已亏缺,严重影响了苹果正常的生长发育。在黄土高原地区从不同的种植年限和不同产量园的深层土壤的研究结果看,土壤含水量随土层深度的增

加的变化趋势大体是一致的。

不同种植年限的果园中,0~1 m土层的水分变化剧烈,而且随种植年限的增加土壤含水量逐渐降低,不同年限之间差异不明显,1~2 m土层含水量也是逐渐降低的,而且随种植年限增加含水量逐渐降低,变化明显,主要是因为该层苹果树根系主要分布较多,是果树生长发育水分的主要吸收土层区域,长期种植导致该土层含水量逐渐降低;2~8 m,8~10 m,10~15 m各土层中种植年限越长土壤含水量越小,不同年限果园之间的差异明显,农田和5 a园的土壤含水量明显大于其它年限的果园含水量,说明深层土壤虽然供给少,但是果树根系也能到达,根系分布少,吸收利用的水分少,受气候因素影响小,变化程度不剧烈。可以看出8~10 m土层含水量明显高于2~8 m和10~15 m土层含水量,说明该土层是蓄水层。

不同产量的苹果园中,0~2 m土层含水量在各产量园间差异明显,土壤含水量随着果园产量的增加而升高,含水量随着土壤深度的增加先升高后降低,这是土壤表层受外界环境和人为因素的影响较大,所以含水量变化明显。2~8 m,10~15 m土壤含水量变化平缓,果园产量越高土壤含水量越大,差异不明显,说明果树根系主要分布在浅层,对深层土壤水分多的吸收利用较少;8~10 m之间含水量较大,出现含水量较大的蓄水层,这说明苹果园在同样没有补充灌溉条件时,基本田间管理措施一致的情况下,果园田间保墒条件越好,土壤含水量就越高,果园的产量与土壤含水量具有很强的相关性。

参考文献:

- [1] 曹 扬,赵 忠,渠 美,等.刺槐根系对深层土壤水分的影响[J].应用生态学报,2006,17(5):765—768.
- [2] 杨文治,田均良.黄土高原土壤干燥化问题探源[J].土壤学报,2004,41(1):1—6.
- [3] 杨维西.全球变化中的中国干旱区一响应与趋势[J].林业科学,2008,44(8):124—130.
- [4] 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.
- [5] 赵景波,周 旗,侯雨坚.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.
- [6] 王 健,吴发启.黄土高原丘陵沟壑区果园土壤水分动态[J].节水灌溉,2007,3:32—37.
- [7] 黄金辉,廖允成,高茂盛,等.耕作和覆盖对黄土高原果园土壤水分和温度的影响[J].应用生态学报,2009,20(11):2652—2658.

(下转第47页)

Field measurement and calculation of unsaturated soil water movement parameters of Fengshou irrigation district in Awati county of Xinjiang

HU Shun-jun^{1,2}, TIAN Chang-yan¹, SONG Yu-dong¹

(1. Key Laboratory of Oasis Ecology and Desert Environment, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Soil water movement parameters are necessary for the solution of the basic soil water movement equation. A set of data about soil water suction corresponding to soil water content were observed by tensiometer method, and the soil saturated hydraulic conductivity was determined by double loop infiltration experiment in the field of Fengshou irrigation district in Awati county of Xinjiang, respectively. A water retention equation based on a closed form equation proposed by Van Genuchten was fitted with Sigmaplot software. The calculation formula for unsaturated hydraulic conductivity was established by employing the equation put forwarded by Mualem. Finally, the calculation formula for soil water diffusivity and specific water capacity were also derived indirectly.

Keywords: Fengshou irrigation district; soil water retention curve; soil hydraulic conductivity; soil water diffusivity; specific water capacity

(上接第43页)

- [8] 殷淑燕, 黄春长. 黄土高原苹果基地土壤干燥化原因及其对策[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(2): 76—80.
- [9] 李凤民, 郭安红, 雒梅, 等. 土壤深层供水对冬小麦干物质生产的影响[J]. 应用生态学报, 1997, 8(6): 575—579.
- [10] 罗宏海, 张宏芝, 杜明伟, 等. 膜下滴灌下土壤深层水分对棉花根系生理及叶片光合特性的调节效应[J]. 应用生态学报, 2009, 20(6): 1337—1345.
- [11] Blum A, Johnson JW. Wheat cultivars respond differently to a drying top soil and a possible non-hydraulic root signal[J]. Journal of Experimental Botany, 1993, 44: 1149—1153.
- [12] Siddique KHM, Belford RK, Tennant D. Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment[J]. Plant and Soil, 1990, 121: 89—98.

Characteristics of soil moisture change of apple orchards of different planting years in Weibei dryland

ZOU Yang-jun¹, CHEN Jin-xing¹, MA Feng-wang¹, ZHE Xiao-feng², DANG Zhi-ming², QU Jun-tao²

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

2. Institute of Pomology in Luochuan, Shaanxi 727400, China)

Abstract: Study was conducted on water content of different soil depth in apple orchards of different cultivation years and different yields in the Loess Plateau which belongs to arid and semiarid areas in China. The results showed that, in apple orchards of different cultivation years, the water content in 0 ~ 1 m soil layer changed significantly, and it decreased rapidly with the increase of soil depth; the water content in 1 ~ 2 m soil layer decreased with the increase of soil depth and cultivation years; the water content in 2 ~ 8 m soil layer changed little in different soil depth, but decreased significantly with the increase of cultivation years; and the water content in 10 ~ 15 m soil layer decreased gradually with the increase of cultivation years. In the orchards of different yields, the water content in 0 ~ 2 m soil layer decreased with the increase of yields, and it increased first and decreased then with the increase of soil depth; the water content in 2 ~ 8 m depth stabilized without violent fluctuation, and it was an aquifer in 8 ~ 10 m depth, while the water content in 10 ~ 15 m depth was 15% without much fluctuation.

Keywords: soil depth; cultivation age; apple orchards of different yield; water content