

山地不同树龄枣园土壤水分状况研究

辛小桂^{1,2}, 吴普特^{1,2*}, 汪有科^{1,2}, 肖森³

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 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. 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为研究黄土高原梨枣林地土壤水分状况,利用 TRIME 管和洛阳铲对灌溉及雨养两种条件下不同种植年限(1 a、4 a、9 a、12 a)的梨枣林 0~160 cm、0~700 cm 范围深度内土壤水分状况进行监测研究。研究结果显示:随着树龄增长梨枣林地土壤水分储量下降;灌溉梨枣林与雨养梨枣林相比,其主根系层 0~160 cm 土壤水分储量较高;现有灌溉定额条件下,灌溉梨枣林地根区平均土壤水分满足度仍然相对较低;旱作梨枣林随树龄增大,土壤干层的分布深度和土壤干燥化强度趋于增加。

关键词:土壤水分状况;不同树龄枣园;灌溉;雨养;陕北山地

中图分类号: S665.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0085-05

水分是制约榆林地区植被恢复与重建的主要限制因子^[1-2]。由于黄土高原山地枣林地下水埋藏深,灌溉水源贫乏,年降雨量偏少且时空分布不均,有限的降水向土壤水的转化效率就成为决定土壤水的关键因素之一。人工经济林深层土壤水分状况以及土壤干层的形成研究表明:树龄、灌溉对土壤水分状况影响较大,土壤干层的形成会在不同程度影响植物的生长和植被的恢复^[3-5]。随该区梨枣树种植面积日益扩大,山地梨枣树矮化密植+滴灌无疑是提高其产量的有效方法之一^[6],然而山地梨枣林土壤水分环境能否可持续发展成为问题,本文针对灌溉及雨养两种条件,对陕北山地不同种植年限的梨枣林在 0~160 cm、0~700 cm 范围深度内土壤水分状况进行研究,主要探讨梨枣林深层土壤水分分布特征、土壤贮水量、土壤干燥化度,以期对经济林土壤水分的科学管理提供依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

试验区位于黄土高原丘陵沟壑区的米脂县银州镇孟岔村山地梨枣示范基地(37.78°N, 110.23°E, 海拔 870 m)进行。研究对象为 2 m×3 m 密植梨枣树,试验区以黄绵土为主,容重 1.3 g/cm³,田间持水量为 21.9% (质量比),凋萎湿度为 3.6% (质量比),有效氮、磷、钾含量分别为 13.5 mg/kg、2.79 mg/kg、86 mg/kg。

该区属中温带半干旱性气候,年平均气温

8.5℃,极端最高气温 38.2℃,极端最低气温 -25.5℃,无霜期 162 d,降雨频率为 20%, 50%, 75%, 95% 降雨量分别为 480.6 mm, 413.3 mm, 350.7 mm, 276.4 mm, 降雨的 80% 集中在 7~9 月份。

图 1 为试验年枣园生育期降雨量、累计参考需水量(cumulative reference evapotranspiration, $C-ET_0$)及 9 a 生梨枣树累计潜在需水量^[7](cumulative potential evapotranspiration, $C-ET_p$)随时间(day of year, DOY)的变化过程。由图中可以看出:2011 年生育期累计降雨 166.8 mm,而 9 a 生梨枣树潜在需水量约为 320 mm,自然降雨不能满足梨枣树正常生长发育需求。

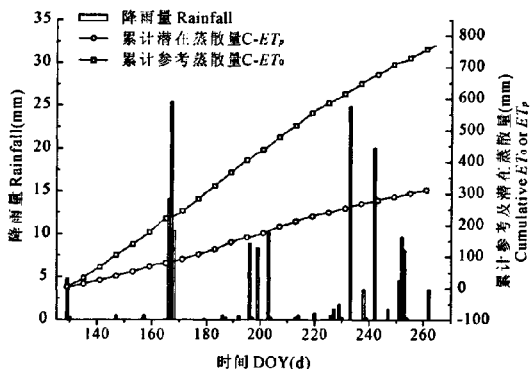


图 1 2011 试验年降雨及梨枣树需水量

Fig.1 Rainfall and water requirement of pear jujube tree in 2011

图 2 为梨枣树生育期时间表,由图可知,果实膨

收稿日期:2012-01-25

基金项目:国家科技支撑计划项目“西北生态脆弱区经济作物高效用水关键技术与示范”(2011BAD29B04)

作者简介:辛小桂(1973—),男,陕西杨凌人,博士生,主要从事土壤水分、水环境等方面研究。

* 通讯作者:吴普特(1963—),男,陕西武功人,研究员,主要从事节水灌溉方面的研究。E-mail: gjzwpt@vip.sina.com。

大期周期最长,展叶期与坐果期时间相当,萌芽期与开花期历时最短。

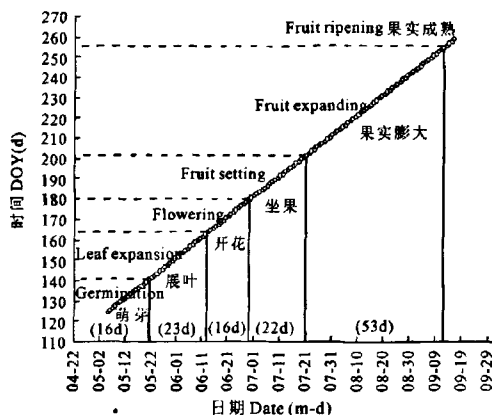


图2 梨枣生育期时间表

Fig.2 Pear jujube tree's growth period

1.2 研究方法

在米脂山地梨枣林地,选取立地条件相近的滴灌梨枣林及无灌溉梨枣林,其中滴灌梨枣林地自2005年起每年进行了等量、同频次灌溉,灌溉定额在80~120 mm。测量日期为每年自DOY130至DOY270,即萌芽展叶期到果实成熟期。

对于主根系层(0~160 cm)内土壤水分用TRIME(T3,德国)对1年生、4年生、9年生、12年生梨枣林地土壤含水量进行测定,距树干20 cm布置一个trime管,每3~5 d测量1次,测定深度为0~160 cm,隔10 cm取值,并用线性内插法计算中间天数土壤含水量。

2011年对无灌溉梨枣林地深层土壤水分(0~700 cm)进行测量,采用洛阳铲取样,每树龄重复取样3次,共布点12个,取样深度为700 cm,每隔20 cm取样,取平均值作为计算依据。

1.3 观测项目与方法

(1) 土壤储水量(SWR)用下列公式计算:

$$SWR = h \times \theta \times 10/100 \quad (1)$$

式中,SWR为土壤贮水量(mm);h为土层深度(cm); θ 为土壤体积含水量(%)。

(2) 土壤水分满足程度

本研究利用土壤水分满足度(SSW)来分析和评价根系层内(0~160 cm)土壤水分对梨枣树生长耗水的影响^[8]。

$$SSW(\%) = SWR_c / 0.6 F_c \times 100\% \quad (2)$$

式中,SWR_c为土壤实际贮水量(mm);F_c为土壤田间持水量(mm)。

(3) 干燥化指数

本研究利用干燥化指数^[9](SDI)来分析和评价不同林龄土壤深度(0~700 cm)干层分布特征。

$$SDI = \frac{SM - WM}{SSM - WM} \times 100\% \quad (3)$$

式中,SDI为土壤干燥化指数;SM为土壤湿度;WM为凋萎湿度;SSM为土壤稳定湿度。本研究0~700 cm土层土壤稳定湿度值采用田间持水率的50%^[10]。

2 结果与分析

2.1 灌溉对土壤水分储量变化的影响

图3是2011年测定灌溉及雨养条件下不同树龄梨枣林160 cm内土壤储水量变化。由图可知:SWR随着降雨及灌溉上下波动,随着生育期进展,SWR持续下降,至成熟期,SWR达到年内较低值。

在灌溉与雨养条件下,随着树龄增长,土壤水分储量皆明显下降。在雨养条件下,不同树龄SWR差异较为明显;在灌溉条件下,1年生梨枣林SWR明显较高,而4年、9年及12年生梨枣林SWR差异较小。

灌溉梨枣林与雨养梨枣林相比,关键生育期、开花坐果期、果实膨大期SWR明显高于雨养梨枣林,为梨枣树生长提供了较好的水分条件,即使到果实收获末期灌溉梨枣林SWR也较大,表明灌溉也能为梨枣林在其休眠期创造较好水分生态环境。

2.2 根系层土壤水分满足度分析

200 cm以内土层枣树根系分布多,其土壤水分满足程度是影响梨枣树正常生产的关键,有研究表明果园土壤水分降到田间持水量的60%以下时,果树的生长就会受到影响^[15]。表1为2011年DOY130至DOY270根层剖面土壤水分满足度,从表中可以看出:灌溉梨枣林土壤水分满足度较高,雨养梨枣林土壤水分满足度较差。在雨养及灌溉条件下,0~160 cm土壤水分满足度皆随树龄的增大而降低,说明梨枣树耗水量同树龄相关,因此灌溉制度的制定要参考枣树的树龄。除1年生灌溉梨枣林的土壤水分基本满足梨枣树正常需求外,其余均不能满足梨枣树需水要求,这表明目前灌溉量还不能维持1年以上树龄枣树正常耗水需求。

此外,土壤水分满足度皆随深度的增加而增大,特别在灌溉条件下,枣林地100 cm以下土壤水分满足接近或超过100%,而100 cm内满足度较低,表明根系主要分布在土壤上层,消耗较多的土壤水分^[16-17]。

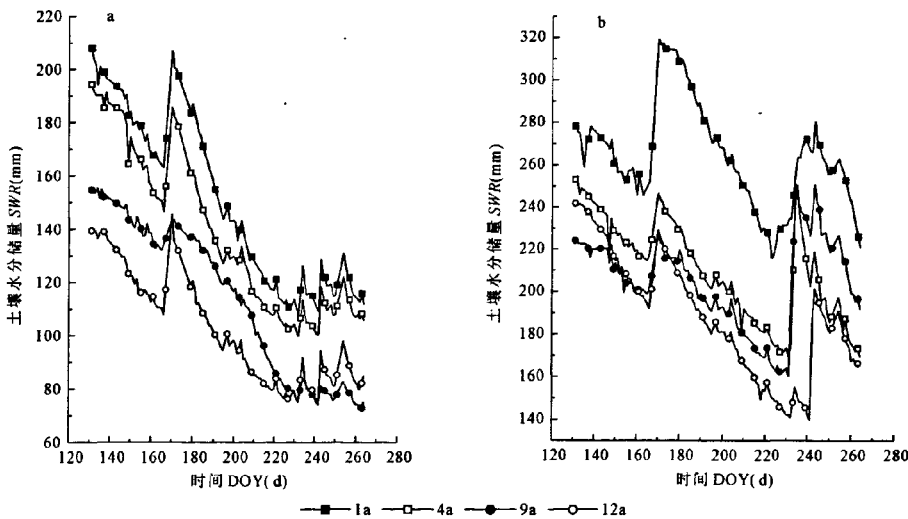


图 3 不同树龄梨枣树林雨养(a)及灌溉(b)条件下土壤水分储量变化
Fig.3 SWR of different age of pear jujube trees under the condition of rain-fed (a) and irrigation (b)

表 1 不同林龄梨枣林根层土壤水分满足度
Table 1 Soil water satisfied degree of root zone for pear jujube trees at different age

土层深度 Soil depth (cm)	树龄 Age of trees (a)							
	雨养梨枣林地土壤水分满足度 SSW of rain-fed pear jujube forest (%)				灌溉梨枣林地土壤水分满足度 SSW of irrigated pear jujube forest (%)			
	1a	4a	9a	12a	1a	4a	9a	12a
10	25.3	18.9	22.3	22.9	51.7	29.1	26.7	45.2
20	34.5	26.5	29.0	29.5	72.2	43.4	35.8	50.9
30	40.6	31.4	14.2	40.7	82.4	17.5	44.8	32.0
40	47.9	43.3	13.2	31.4	97.1	27.8	58.4	30.7
50	57.1	52.2	16.9	23.4	105.9	64.0	74.5	31.3
60	61.3	43.3	15.0	24.3	107.6	69.5	80.0	46.6
70	57.5	38.2	36.8	21.7	104.7	64.1	83.0	56.8
80	60.4	38.7	47.7	22.3	97.7	67.2	78.6	56.4
90	61.2	40.5	46.2	22.1	98.5	75.5	73.0	65.9
100	62.4	49.2	67.2	25.8	104.5	89.2	67.9	78.9
110	65.3	57.0	71.2	33.9	90.9	99.4	85.8	91.0
120	62.6	63.9	66.8	51.8	90.3	107.4	87.6	86.2
130	59.6	69.2	65.3	68.3	97.7	117.7	93.5	89.6
140	58.6	71.5	70.5	64.5	99.5	120.1	87.8	111.1
150	58.3	75.3	51.0	57.5	117.2	116.0	109.0	115.1
160	58.5	77.0	47.6	51.6	117.7	112.6	99.9	106.5
平均 Average	54.5	49.8	41.3	37.0	96.0	76.3	74.1	68.4

2.3 雨养条件下土壤剖面水分特征及土壤干燥度分析

图 4 是雨养条件下,不同树龄 0~700 cm 土层土壤剖面含水量分布。土壤水分受梨枣树耗水的影

响,不同树龄梨枣林土壤剖面含水量差别较大。1 年生、4 年生、9 年生、12 年生梨枣林 0~700 cm 土层平均含水量分别为 11.01%、9.81%、7.09%、6.31%。0~100 cm 表层由于受灌溉或降雨影响变

化较大,树龄对土壤含水量的影响不明显。100~300 cm 土层平均土壤含水量为:1 年生梨枣林(10.00%)>4 年生梨枣林(8.53%)>12 年生梨枣林(6.22%)>9 年生梨枣林(4.60%)。9 年生梨枣林平均土壤含水最低,这可能是由于 9 年生梨枣树在该层根系的生物量较大,吸收较多土壤水分所致。300~700 cm 土层,1 年生、4 年生土壤含水率差别不大,且随深度增加含水量呈上升趋势;9 年生平均土壤含水率为 8.2% 左右,低于 1 年、4 年梨枣林地。12 年生梨枣林土壤含水率为 5.1%,表明随树龄的增大,深层土壤呈显干层化趋势。

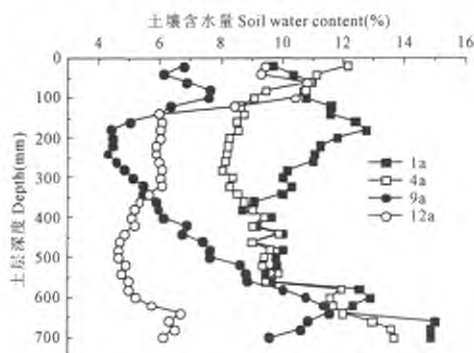


图 4 不同林龄枣林 0~700 cm 土壤湿度剖面分布

Fig.4 Moisture distribution in 0~700 cm soil profiles at different ages of pear jujube trees

表 2 雨养条件下不同树龄梨枣林深层土壤干层特征

Table 2 Characteristics of soil dry layer of pear jujube forest with different planting years

树龄(a) Age of trees	干层分布深度 Dry layer distribution depth (cm)	土壤干燥化指数 Soil desiccation index (%)	土壤干燥化强度 Soil desiccation intensity
1	300~560	81.4	轻度 Mild
	300~420	71.2	中度 Moderate
4	>420~580	80.4	轻度 Mild
	300~400	29.4	严重 Severe
9	>400~520	52.8	中度 Moderate
	>520~600	81.8	轻度 Mild
12	300~700	23.9	强烈 Extreme

表 2 为不同树龄干燥化指数及强度测定、计算结果。土壤干燥化强度可划分为 6 级^[18]: (1) 若 $SDI \geq 100\%$, 为无干燥化; (2) 若 $75\% \leq SDI < 100\%$, 为轻度干燥化; (3) 若 $50\% \leq SDI < 75\%$, 为中度干燥化; (4) 若 $25\% \leq SDI < 50\%$, 为严重干燥化; (5) 若 $0 \leq SDI < 25\%$, 为强烈干燥化; (6) 若 $SDI < 0$, 为极度干燥化。

由表 2 可见:1 年生旱地梨枣林地 300~560 cm 土层有轻度的干燥化,平均干燥化指数为 81.4%;4 年生梨枣林土层分布深度分别为 300~420 cm、420~580 cm,平均干燥化指数分别为 71.2%、80.4%,干燥化强度分别为中度、轻度。12 年生梨枣林土壤干燥化最为严重,土层分布深度为 300~700 cm,平均干燥化指数为 23.9%,达到了强烈干燥化。

从黄土地质渊源和土壤物理学的成因来说,干燥化强化发展最终在土体某一深度范围形成厚度不等的低湿层-土壤干层^[19]。土壤深层干燥化问题,本质上是一个生产力和生态环境出现相互失衡的问题^[20]。综上分析可知,随着梨枣树树龄增加,土壤干层的分布深度在增加,土壤干燥化强度在加强。这主要是因为随着生长年限的增加,梨枣树对下层土壤水分利用加剧,使下层土壤水分亏缺加大的缘故。

3 结论与讨论

通过以上分析,我们初步可以得到以下结论:

(1) 灌溉梨枣林与雨养梨枣林相比,0~160 cm 土壤水分储量较高,且灌溉为梨枣树在休眠期创造了较良好的水分生态环境;随着树龄增长,两者土壤水分储量均呈现下降趋势。(2) 在雨养条件下,不同种植年限梨枣林土壤剖面湿度差别较大,1 年生梨枣林在 0~200 cm 土壤含水量随土壤深度逐渐加大,200~700 cm 土壤含水量呈现先减少后增大趋势;4 年生、9 年生梨枣林表现出了共同的分布特征:在 100~300 cm 土层内含水量相对较低,500~700 cm 土层内土壤含水量相对较高;而 12 年生梨枣林在 100~160 cm 土层内含水量较高,但 160 cm 以下土壤含水量与其它树龄相比要低很多。(3) 随着梨枣林种植年限的延长,土壤干层的分布深度在增加,特别是在雨养田间下,深层土壤干燥化强度在加强,表明随着生长年限的增加,梨枣树对下层土壤水分利用加剧,下层土壤水分亏缺加大。

土壤含水量在土壤剖面垂直方向的分布对于不同树种,其林地土壤含水量随树龄增长的变化趋势也不同,有的随之增加^[21-22],有的则随之降低^[23-24]。本文中,梨枣林土壤含水量随树龄增长而减少,主要原因在于黄土高原干旱缺雨,加之矮化密植枣林耗水量较大,且冠层较小对水分蒸发抑制较低,因此土壤含水量较低。

由于不同树龄冠层幅度不同,以及灌溉造成的前期土壤含水量不同,不同树龄梨枣林地 SWR 随降雨及灌溉的增幅程度也不尽相同,与此相关的土壤

入渗规律需进一步研究。本研究对深层土壤的研究仅限于雨养不同树龄梨枣林,今后应更进一步扩展至灌溉与雨养不同树龄梨枣林深层土壤水分分布与规律研究。

参考文献:

- [1] 陈宝群,赵景波,李艳花.黄土高原土壤干层形成原因分析[J].地理与地理信息科学,2009,25(3):85-89.
- [2] 郭忠升,邵明安.雨水资源、土壤水资源与土壤水分植被承载力[J].自然资源学报,2003,18(5):522-528.
- [3] 何福红,黄明斌,党廷辉.黄土高原沟壑区小流域土壤干层的分布特征[J].自然资源学报,2003,18(1):30-36.
- [4] 王玲,赵景波,李瑜琴,等.陕西咸阳苹果林地和农田土壤含水量及土壤干层研究[J].安徽农业科学,2009,37(29):14298-14300.
- [5] 赵景波,周旗,陈宝群,等.咸阳地区近年苹果林地土壤含水量动态变化[J].生态学报,2011,31(18):5291-5298.
- [6] 吴普特,汪有科,韩宇平,等.孟岔生态型现代农业发展模式创建与启示[J].中国发展观察,2008,(11):53-54.
- [7] 吴普特,汪有科,辛小桂,等.陕北山地红枣集雨微灌技术集成与示范[J].干旱地区农业研究,2008,(4):1-6.
- [8] 朱德兰,吴发启.不同地形部位土壤水分的年变化分析[J].中国水土保持科学,2003,1(4):28-31.
- [9] Li Jun, CHEN Bing, LI Xiao-Fang, et al. Effects of deep soil desiccation on artificial forestlands in different vegetation zones on the Loess Plateau of China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(4): 1429-1445.
- [10] 杨文治,田均良.黄土高原土壤干层化问题探源[J].土壤学报,2004,41(1):1-6.
- [11] 冉伟,谢永生,郝明德,等.黄土高原沟壑区不同种植年限果园土壤水分变化[J].西北农业学报,2008,17(4):229-233.
- [12] 王志强,刘宝元,张岩.不同植被类型对厚层黄土剖面水分含量的影响[J].地理学报,2008,63(7):703-713.
- [13] 王志强,刘宝元,王旭艳,等.黄土丘陵半干旱区人工林迹地土壤水分恢复研究[J].农业工程学报,2007,23(11):77-83.
- [14] 王延平,邵明安,张兴昌.陕北黄土区陡坡地人工植被的土壤水分生态环境[J].生态学报,2008,28(8):3769-3778.
- [15] 王健,吴发启,孟秦倩,等.黄土高原丘陵沟壑区坡面果园的土壤水分特征分析[J].西北林学院学报,2006,21(5):65-68, 108.
- [16] 王兵,刘文兆,党廷辉,等.长期施肥条件下旱作农田土壤水分剖面分布特征[J].植物营养与肥料学报,2007,13(3):411-416.
- [17] 杨文治,邵明安,彭新德,等.黄土高原环境的旱化与黄土中水分关系[J].中国科学D辑:地球科学,1998,28(4):357-365.
- [18] 李军,陈兵,李小芳,等.黄土高原不同干旱类型区苜蓿草地深层土壤干层化效应[J].生态学报,2007,27(1):75-89.
- [19] 杨文治,邵明安.黄土高原土壤水分研究[M].北京:科学出版社,2000:86-107.
- [20] 张春霞,郝明德,魏孝荣,等.黄土高原沟壑区苜蓿地土壤水分剖面特征研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(6):604-607.
- [21] 杨鑫,曹靖,董茂星,等.外来树种日本落叶松对森林土壤质量及细菌多样性的影响[J].应用生态学报,2008,19(10):2109-2116.
- [22] 姚月峰,满秀玲.毛乌素沙地不同林龄沙柳表层土壤水分空间异质性[J].水土保持学报,2007,21(1):111-115.
- [23] 刘江华,刘国彬,侯禧禄,等.刺槐林地土壤水分与林下植物群落生物量的关系[J].水土保持研究,2009,16(3):57-60.
- [24] 林希昊,陈秋波,华元刚,等.不同树龄橡胶林土壤水分和细根生物量[J].应用生态学报,2011,22(2):331-336.

Study on soil water condition of mountain jujube yards of different growth years

XIN Xiao-gui^{1,2}, WU Pu-te^{1,2*}, WANG You-ke^{1,2}, XIAO Sen³

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

Abstract: In order to study soil water condition of pear jujube trees in the loess plateau, the soil water in 0~160 cm and 0~700 cm ranges in depth for different cultivation years (1 a, 4 a, 9 a, 12 a) of pear jujube trees was monitored by TRIME tubes and Luoyang Spade under irrigated and rain-fed conditions. The results showed that: soil water retention (SWR) of pear jujube trees declined as the growth of age; Compared with that of rain-fed pear jujube trees, the SWR of primary root zone (0~160 cm) was higher under the condition of irrigation; With the existing irrigation quota, the average satisfying degree of root zone of pear jujube trees to soil water was relatively low under the condition of irrigation; The distribution depth of dried soil layer and soil desiccation intensity tended to increase for rain-fed pear jujube trees with the increase of age.

Keywords: soil water condition; jujube orchards with different growing years; irrigation; rain-fed; hilly areas in Northern Shaanxi