

黄土丘陵沟壑区密植枣林株行间土壤水分状况

肖森¹,汪有科^{2,3},黎朋红⁴,蔺君¹,
辛小桂^{2,3},卢俊寰²,赵霞²

(1.西北农林科技大学资源与环境学院,陕西杨凌712100; 2.西北农林科技大学水利与建筑工程学院,陕西杨凌712100;
3.中国科学院水土保持研究所,陕西杨凌712100; 4.湖州市南浔区水利局,浙江湖州313000)

摘要:为了揭示陕北山地密植红枣林土壤水分空间分布状况,对枣林株行间不同位置(株间、行间、中心点)0~200 cm土层的土壤水进行了连续观测。结果表明:在7~9月,枣林地株间土壤水分状况明显好于行间。株间、行间、中心点土壤含水量均值分别为9.77%、7.66%、7.52%。不同降雨量下枣林地株行间不同位置土壤水分的累计入渗量不同,株间入渗量大于行间,且随着降雨量的增大,各位置入渗量也随之增大,株间的入渗补给作用在增强,但行间的入渗补给作用在减弱。中雨($p=14.8$ mm),株间、行间、中心点累计入渗量分别为13.5、8.8、8.4 mm;大雨($p=31.6$ mm),株间、行间、中心点累计入渗量分别为30.9、16.5、12.8 mm。雨后枣林地株行间不同位置土壤水分日均消耗量以株间最大,达4.09 mm/d,行间次之,为3.77 mm/d,中心点最小,为2.27 mm/d。

关键词:土壤水分;入渗;土壤水分消耗;枣林

中图分类号: S152.7; S665.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)06-0083-05

降水是限制黄土高原半干旱地区植被生长的关键因子^[1]。有研究表明,土壤水分含量随着植被密度增加而降低^[2],枣园的产量受土壤有效含水量的影响^[3]。王延平^[4]等研究陕北黄土区陡坡人工植被的土壤水分生态环境后发现多年人工植被的土壤水分亏缺严重,相对苜蓿、杏、荒坡,枣的亏缺度最小。不同尺度上土壤水分时空变异的影响因子不同,导致土壤水分时空变异随着尺度的变化而发生明显的改变^[5-6]。长期以来,许多学者在不同尺度上就该区土壤水分状况进行了研究^[7-9]。林地株行间土壤水分因微地形、植被的冠层结构、植被根系分布特征不同表现出一定的差异。植被冠层结构、整地措施会导致降雨后林地株行间土壤水分入渗补给量不同,而植被根系的垂直、水平分布特征会导致林地株行间不同位置以及不同层之间土壤水分消耗量不同。所以研究枣林株行间不同位置土壤水分状况有助于我们更科学地管理林地土壤水分。

1 研究区概况

研究区选在米脂县银州镇孟岔村山地微灌枣树示范基地,位于米脂城区西北4 km处,无定河西岸边。该地为典型的黄土高原丘陵沟壑区,核心示范区约70%的地域坡度在17°~34°,植被稀少,土质疏松,因而水土流失严重。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,年平均降雨量451.6 mm,主要集中在7—9月,是红枣的成熟期,最大年降雨量704.8 mm,最小年降雨量186.1 mm。2011年7—9月降水量368.5 mm,占多年平均降水量的81.6%。该区土壤以黄绵土为主,容重1.30 g/cm³,田间持水量为21.9%,凋萎湿度为3.6%。土壤较为贫瘠,经测定孟岔枣园有效N、P、K含量分别为34.73, 2.90, 101.9 mg/kg,有机质含量为0.21%,pH为8.6^[10-11]。

2 研究方法

本试验在研究区选取9 a生未灌溉密植枣林,枣林修剪均一,长势良好,密度为111株/667m²,株行距为2 m×3 m,平均主干根茎为10.42 cm,平均树高2.37 m,平均冠幅半径86.58 cm。样地位于枣林西向坡中,坡度32°。在样地的中间选取3棵相邻的枣树,在其株间、行间(分别距树干1 m、1.5 m)、中心点三点布设三根Time管(见图1),每个处理重复3次。土壤水分监测深度为200 cm,监测频率为15 d左右,雨后加测。监测时间为2011年7—9月。一定时期内土壤水分累计消耗量(蒸发散)=∑前期土壤储水量-∑末期土壤储水量+∑期间降雨的土壤水分补给量^[12];日均消耗量=土壤水分累计消耗量/天数。通过对降雨前后林地剖面土壤含水量变化的观测和分析,2次测定剖面的土壤含水量的交点

收稿日期:2012-06-09

基金项目:国家科技支撑计划“西北生态脆弱区经济作物高用水关键技术研究及示范”(2011BAD29B04)

作者简介:肖森(1987—),男,陕西洋县人,在读硕士,研究方向为水土资源高效利用。E-mail: xshappy9@163.com。

*通信作者:汪有科, E-mail: gjzwyk@vip.sina.com。

即为次降水的入渗深度,2次测定的剖面土壤储水量之差即为累计入渗量^[12]。在坡面降雨过程中,入

渗补给系数是入渗量与坡面总承雨量的比值^[13]。降雨量资料来源于试验区附近的简易气象站。

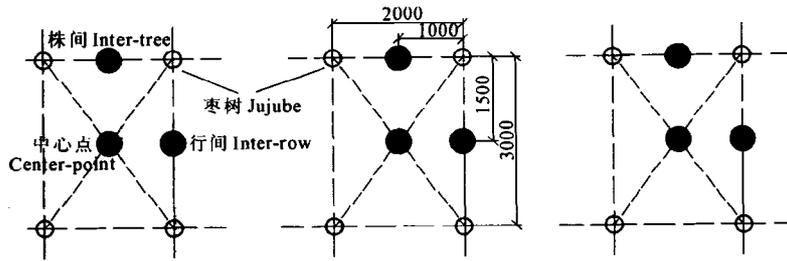


图1 样点示意图(单位:mm)
Fig.1 Sketch map of sampling points

3 结果与分析

3.1 株行间不同位置土壤水分状况

从图2可以看到,在整个观测时段上,9 a 生密植枣林株行间不同位置土壤含水量均表现出株间最高,行间次之,中心点最低。其中株间含水量显著高于行间和中心点($P < 0.05$),行间和中心点土壤含水量之间的差异不明显($P > 0.05$)。这主要是因为坡地水土保持工程的集雨功能增加了株间的降雨入渗,而行间、中心点同处在坡面上,降雨不能充分就地入渗。7~25 株间土壤含水量最高,达到10.39%,比行间、中心点分别高2.60%、2.78%。这是因为在测定前期(7月21日,24日)枣林地有降雨,降雨量共计56.6 mm。这进一步说明降雨对株间土壤水分补给作用明显。虽然7、8月份有较充足的降雨,但8月10日和25日的土壤水分观测数据显示枣林株行间土壤水分有不同程度的降低。9月份降雨在减少,但枣林地株行间的土壤水分却有所恢复。这是因为7、8月份研究区气温逐步升高同时降雨量增加,形成了有利于植被生长的雨热同期,植被耗水量很高,土壤水分难以储存,9月份之后气温逐渐降低,枣树蒸腾作用减弱,土壤水分储量增加。

3.2 不同土层土壤水分状况

将土壤剖面划分为表层0~30 cm、中层30~100 cm和深层100~200 cm三个层次。从图3中可以看到:0~30,30~100,100~200 cm三个土层土壤含水量在整个观测时段内也表现出株间最高,行间和中心点较低的规律。株间和行间土壤水分表层均好于中层和深层,而中层又好于深层。这是因为表层土壤水分与降雨息息相关^[14],所以在多雨时节,枣林不同位置表层土壤水分得到明显的恢复。中层土壤水分好于深层是因为降雨产生的表层渗流能够直接到达中层,而深层只能接受到部分雨水的补给。

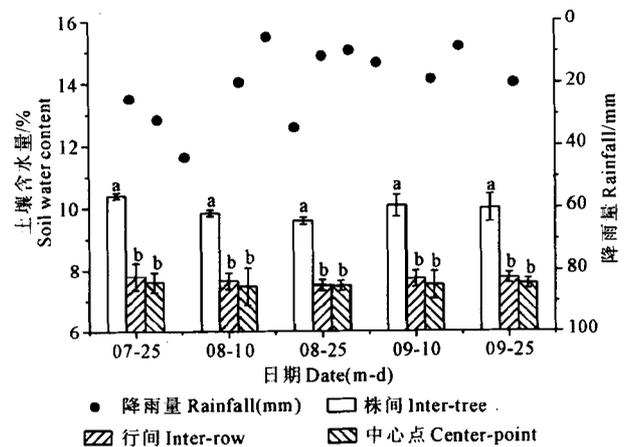


图2 枣林株行间不同位置土壤水分动态变化
Fig.2 Soil water dynamics in different positions among plants and rows of the Jujube forest

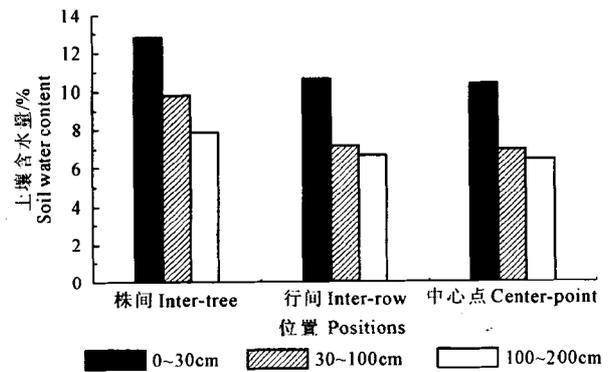


图3 枣林株行间不同土层土壤水分状况
Fig.3 Soil water in different soil layers among plants and rows of the Jujube forest

3.3 株行间不同位置土壤水分入渗及消耗规律

降雨特征、下垫面、植被类型、根系分布等因素均会影响林地的土壤水分入渗和消耗过程。本试验根据两次降雨($p_1 = 14.8 \text{ mm}$, $p_2 = 31.6 \text{ mm}$)研究了不同降雨量下枣林地株行间不同位置土壤水分入渗及土壤水分消耗规律。

3.3.1 不同位置降雨入渗量 图4、5分别表示中雨($p = 14.8 \text{ mm}$)、大雨($p = 31.6 \text{ mm}$)前后,枣林株行间不同位置土壤剖面水分变化情况。从图4中可以计算出:株间、行间、中心点累积入渗分别为13.5、8.8、8.4 mm,雨后株间、坡面(行间、中心点)土壤水

分入渗深度分别为60 cm和30 cm。从图5中可以计算出:株间、行间、中心点累积入渗分别为30.9、16.5、12.8 mm,雨后株间、坡面(行间、中心点)土壤水分入渗深度分别为100 cm和40 cm。

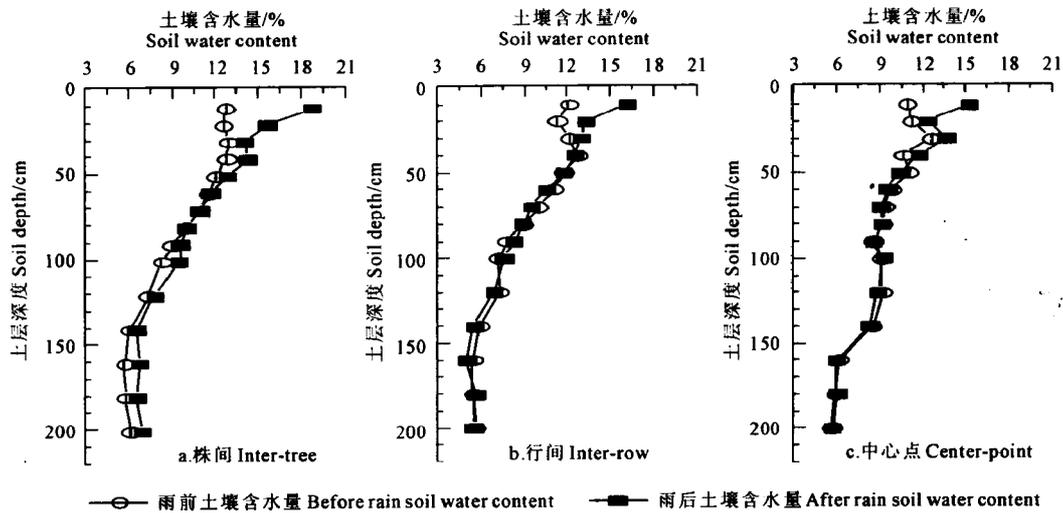


图4 降雨($p = 14.8 \text{ mm}$)前后株间(a)、行间(b)、中心点(c)土壤剖面水分状况

Fig.4 Soil water in profile of inter-tree (a), inter-row (b), center-point (c) before and after rainfall ($p = 14.8 \text{ mm}$)

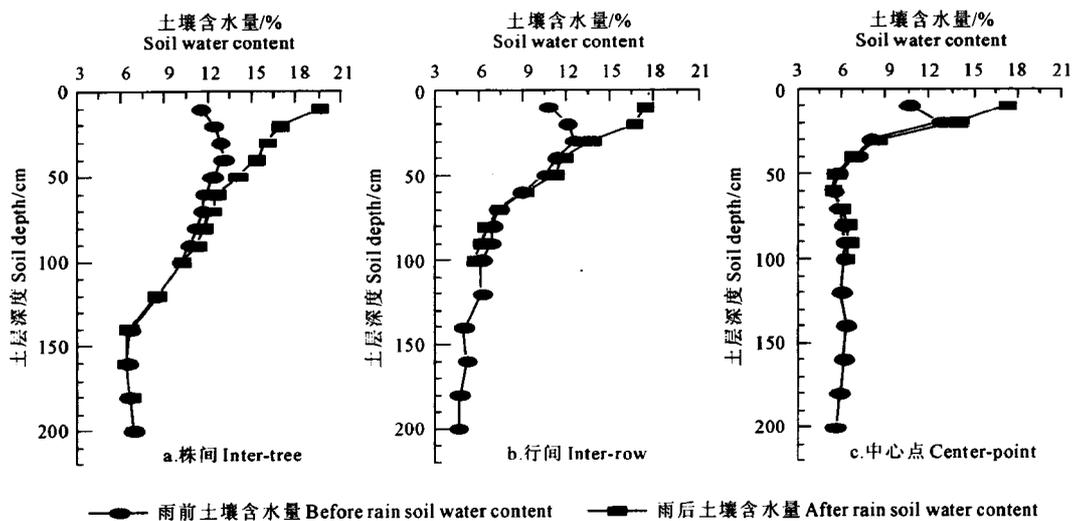


图5 降雨($p = 31.6 \text{ mm}$)前后株间(a)、行间(b)、中心点(c)剖面土壤水分状况

Fig.5 Soil water in profile of inter-tree (a), inter-row (b) and center-point (c) before and after rainfall ($p = 31.6 \text{ mm}$)

3.3.2 不同位置入渗补给系数 入渗补给系数等于累积入渗量与降雨量的比值,是分析降雨入渗过程的重要参考指标,用 α 表示。它表征降水向土壤水转化的比例关系,也说明降雨入渗的效率,该指标是反映降雨、入渗和水土保持的重要特征参数^[13]。

当 $p = p_1 = 14.8 \text{ mm}$ (中雨),枣林株间、行间入渗补给系数 α 分别为0.91、0.58;当 $p = p_2 = 31.6 \text{ mm}$ (大雨),枣林株间、行间入渗补给系数 α 分别为0.98、0.46。可见,随着降雨量的增大,枣林株间降雨入渗

补给作用在增强,而行间降雨补给作用在减弱。这可能是因为降雨量较小时,林地不产流,或者产流较少,坡地水土保持工程的集雨作用并不明显;反之,当降雨量较大时,坡地水土保持工程集雨作用明显。

3.3.3 不同位置土壤水分消耗规律 对8月25日降雨($p = 14.8 \text{ mm}$)后的12 h(8月26早上)和7 d(9月2日早上)枣林地株间、行间、中心点三个位置的土壤水分进行了测定,期间无降水和灌溉。枣林地三个不同位置土壤水分消耗状况如下。

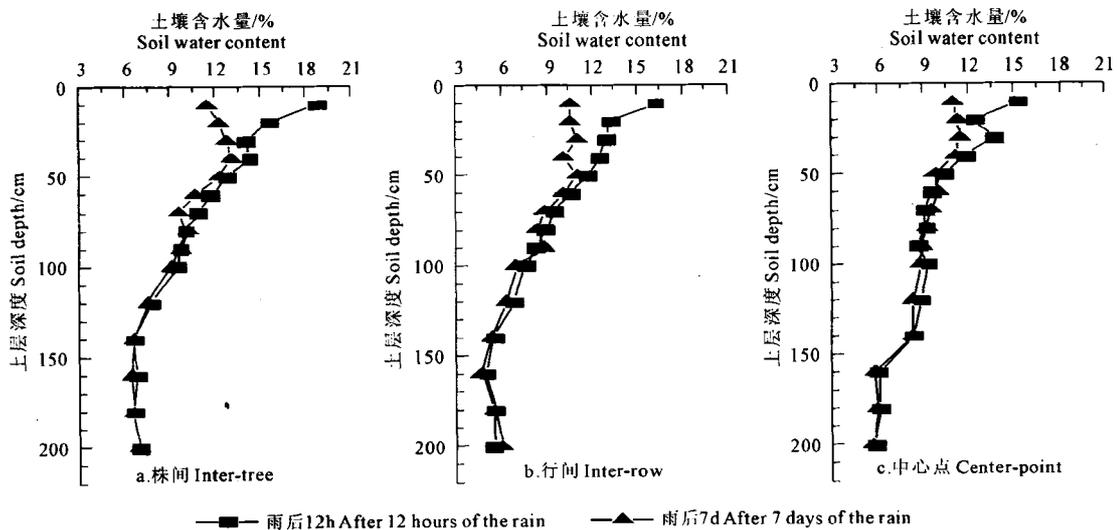


图 6 降雨 ($p = 14.8 \text{ mm}$) 12 h 和 7 d 后枣林不同位置剖面土壤水分状况

Fig. 6 Soil water in profile in different positions 12 hours and 7 days after rainfall ($p = 14.8 \text{ mm}$)

从图 6 中可以看出,降雨 7 d 后枣林株间、行间、中心点三个不同位置土壤水分有不同程度的消耗,表层消耗最大、中层次之、深层最小,这主要是因为成龄枣树的根系主要分布在 0~40 cm 土层^[15],加之雨后表层土壤蒸发量大,导致枣林地雨后表层和中层土壤水分消耗较大。图 7 显示株间、行间、中心点三个位置 2 m 层土壤水分在降雨 ($p = 14.8 \text{ mm}$) 后土壤水分日均消耗量分别为 4.09、3.77、2.27 mm,说明在雨后土壤水分消耗株间最大、行间次之、中心点最小。这是因为枣树根系水平方向主要分布在距树干 0~60 cm^[15] 的范围内,株间、行间枣树根系量较大,所以株间、行间的土壤水分消耗较大,中心点位置枣树根系量较少,故其土壤水分消耗量较小。

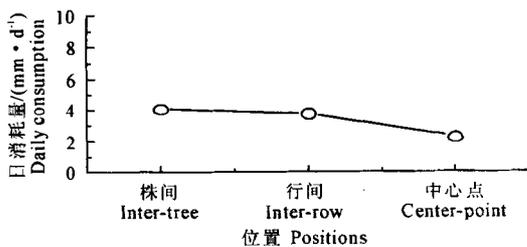


图 7 降雨 ($p = 14.8 \text{ mm}$) 后不同位置土壤水分日消耗量

Fig. 7 Daily consumption of soil water in different positions after rainfall ($p = 14.8 \text{ mm}$)

4 讨论

对于林地来说,植被类型、种植密度、配置形式、整地方式、土壤、地形、降雨、尺度等均对土壤水分产生影响^[16-19]。Breshears 等^[20]研究了美国新墨西哥州半干旱林地两种木本植物林冠下与林冠间隙地表

层土壤水分,发现它们之间存在显著差异,且林冠间隙浅层土壤含水量大于林冠下。金博文等^[21]研究黑河流域山区植被生态水文功能发现,林冠截留大气降水的 32.7%,使到达林地的水分相对减少,而林冠遮荫使林内土壤蒸发仅为林外草地的 34.2%。尤文忠等^[22]研究认为黄土区林地雨季边界影响域为从林外 0.8 倍树高距离处向林内方向延伸。这说明树冠的分布特点和树高都可以影响树体周围的土壤含水量的分布。

Entin 等^[23]认为土壤水分的时空变异尺度可分成大尺度和小尺度,大尺度由大气控制,主要受降雨和蒸发格局影响,小尺度主要取决于土壤、地形、植被和根系结构。林地株行间不同位置(株间、行间、中心点)属于小尺度。对本研究来说,枣林株行间土壤水分之间的差异主要取决于地形和根系,但二者对树体周围土壤水分的影响机理需要进一步研究。

5 结论

1) 7—9 月份,密植枣林地株间土壤水分好于行间,株间、行间、中心点土壤含水量均值分别为 9.77%、7.66%、7.52%。

2) 不同降雨量对枣林地株行间不同位置土壤水分的补给量不同,株间入渗量大于行间,且随着降雨量的增大,各位置入渗量也随之增大,株间的入渗补给作用在增强,而行间的入渗补给作用在减弱。

3) 雨后枣林地株行间不同位置土壤水分日均消耗以株间最大,为 4.09 mm/d,行间次之,为 3.77 mm/d,中心点最小,为 2.27 mm/d。

参考文献:

- [1] 张北赢,徐学选,刘文兆,等.黄土丘陵沟壑区不同水土保持措施条件下土壤水分状况[J].农业工程学报,2009,25(4):54-58.
- [2] 阿拉木萨,慈龙骏,杨晓晖,等.科尔沁沙地不同密度小叶锦鸡儿灌丛水量平衡研究[J].应用生态学报,2006,17(1):31-35.
- [3] Sharma K D, Pareek O P, Singh H P. Microcatchment water harvesting for raising Jujube orchards in an arid climate[J]. Transactions of the ASAE, 1986, 29(1): 112-118.
- [4] 王延平,邵明安,张兴昌,等.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.
- [5] Bloschl G, Sivapalan M. Scale issues in hydrological modeling: A review[J]. Hydrological Processes, 1995, 3/4(9): 251-290.
- [6] Mathier L, Roy A G. A study on the effect of spatial scale on the parameters of a sediment transport equation for sheet wash[J]. Catena, 1996, 26(3): 161-169.
- [7] 万素梅,胡守林,王龙昌,等.不同紫花苜蓿品种土壤水分动态变化研究[J].水土保持学报,2003,17(4):161-163.
- [8] 王孟本,李洪建.晋西北黄土区人工林土壤水分动态的定量研究[J].生态学报,1995,15(2):178-184.
- [9] 赵姚阳,刘文兆,濮励杰.黄土丘陵沟壑区苜蓿地土壤水分环境效应[J].自然资源学报,2005,20(2):85-89.
- [10] 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,2008,26(4):1-6.
- [11] 李晓彬,汪有科,张平.充分灌溉下梨枣树茎直径动态变化及MDS影响因子的通径分析[J].农业工程学报,2011,27(4):88-92.
- [12] 郭忠升,邵明安.人工柠条林地土壤水分补给和消耗动态变化规律[J].水土保持学报,2007,21(2):119-123.
- [13] 李毅,邵明安.人工草地覆盖条件下降雨入渗影响因素的试验研究[J].农业工程学报,2007,23(3):18-23.
- [14] Henninger D L, Petersen C W, Engman E T. Surface soil moisture within a watershed: Variations, factors influencing, and relationship to surface runoff[J]. Soil Science Society of America Journal, 1976, 40(5): 773-776.
- [15] 魏国良,汪有科,王得祥,等.梨枣人工林有效吸收根系密度分布规律研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(1):133-137.
- [16] Qiu Y, Fu B, Wang J, et al. Spation-temporal prediction of soil moisture content for an event-based hydrology model in a gully catchment of the Loess Plateau China[J]. Catena, 1996, 54(1/2): 171-196.
- [17] 魏天兴,朱金兆.黄土区人工林地水分供耗特点与林分生产力研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):45-51.
- [18] 崇峰,蔡强国,崔淡.黄土丘陵沟壑区狼牙刺灌木林地的土壤水分动态[J].自然资源学报,2004,19(3):380-383.
- [19] 王军,傅伯杰,邱扬,等.黄土丘陵区土地利用与土壤水分的时空关系[J].自然资源学报,2001,16(6):521-523.
- [20] Breshears D D, Myers O B, Johnson S R, et al. Differential use of spatially heterogeneous soil moisture by two semi-arid woody species: Pinus edulis and Juniperus monosperma[J]. Journal of Ecology, 1997, 85(3): 289-299.
- [21] 金博文,康尔泗,宋克超,等.黑河流域山区植被生态水文功能的研究[J].冰川冻土,2003,25(5):580-583.
- [22] 尤文忠,曾德慧,刘明国,等.黄土丘陵区坡面林-草边界土壤水分特征[J].应用生态学报,2006,17(6):967-971.
- [23] Entin J K, Robock A, Vinnikov K Y, et al. Temporal and spatial scales of observed soil moisture variations in the extratropics[J]. Journal of Geophysical Research, 2000, 105(D9): 11865-11877.

Soil moisture among plants and in rows of the close planting Jujube forest in the loess hilly and gully region

XIAO Sen¹, WANG You-ke^{2,3*}, LI Peng-hong⁴, LIN Jun¹,
XIN Xiao-gui^{2,3}, LU Jun-huan², ZHAO Xia²

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

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

3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,

Yangling, Shaanxi 712100; 4. Nanxun District Bureau of Water Conservancy, Huzhou, Zhejiang 313000, China)

Abstract: In order to reveal the characteristics of spatial distribution of soil moisture in the close planting Jujube forest in Northern Shaanxi Province, continuous monitoring of soil moisture in 0 ~ 200 cm soil layer was carried out in different positions (inter-tree, inter-row and center-point) of the Jujube forest. The results indicated that soil moisture of inter-tree was significantly better than inter-row in July ~ September. The average soil water of inter-tree, inter-row and center-point was 9.77%, 7.66% and 7.52%. With the changing of rainfall, cumulative infiltration was different in various positions of the Jujube forest. The infiltration capacity of inter-tree was larger than that of inter-row. With the increase of rainfall, the infiltration capacity increased in all positions and the infiltration was recharged. The function in inter-tree increased, but that in inter-row decreased. For example, in the moderate rain ($p = 14.8$ mm), the infiltration capacity of inter-tree, inter-row and center-point was 15.5 mm, 8.8 mm and 8.4 mm; while in the heavy rain ($p = 31.6$ mm), that was 30.9 mm, 16.5 mm and 12.8 mm, respectively. The average daily consumption of soil water in inter-tree was the highest (4.09 mm/d), followed by that in inter-row (3.77 mm/d), and that in center-point was the lowest (2.77 mm/d) in all positions.

Keywords: soil water; infiltration; soil water consumption; Jujube forest