

不同种植年限压砂地土壤水分对降水脉动的响应

赵文举¹, 郁文¹, 马孝义², 宋建树¹

(1. 兰州理工大学 能源与动力工程学院, 甘肃 兰州 730050;

2. 西北农林科技大学 旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 采取野外大田试验, 定量分析了 7.1 和 1.9 mm 不同降水脉动下 3 d 内不同种植年限压砂地土壤含水率随时间的变化规律。试验结果表明, 压砂地土壤含水率与时间呈指数函数正相关关系, 相关系数介于 0.938 1~0.987 3, 土壤含水率增加量表现为: 新压砂地>中压砂地>老压砂地。降水脉动为 7.1 mm 时, 新压砂地、中压砂地、老压砂地在降水后第 3 天土壤含水率比降水前分别增加了 42.3%, 27.4% 和 23.2%, 平均含水率较裸地分别增加了 52.7%, 45.5% 和 38.2%。降水脉动为 1.9 mm 时, 土壤含水率分别增加了 22.6%, 21.7% 和 7.6%, 平均含水率较裸地分别增加了 171.8%, 156.4%, 110.3%。两次降水土壤平均含水率均表现为: 新压砂地>中压砂地>老压砂地>裸地。降水分别为 7.1 和 1.9 mm 时, 压砂地土壤含水率分别在降水后第 7 天和第 5 天开始出现缓慢下降。和裸地相比, 压砂地显著提高了降水的利用效率。

关键词: 压砂地; 降水脉动; 土壤水分; 入渗

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)06-0018-04

中图分类号: S152.7, S157.4

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.06.010

Responses of Soil Moisture of Gravel-mulched Field to Precipitation Fluctuation of Different Planting Years

ZHAO Wen-ju¹, YU Wen¹, MA Xiao-yi², SONG Jian-shu¹

(1. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology,

Lanzhou, Gansu 730050, China; 2. Key Laboratory for Agricultural Soil and Water Engineering in Arid Area of Ministry of Education, Northwest A&F University, Yangling, Shanxi 712100, China)

Abstract: Taking the field experiment, the change of gravel-mulched field soil moisture of different planting years within three days after the precipitation pulses of 7.1 and 1.9 mm was analyzed quantitatively. The results showed that soil moisture content of gravel-mulched field had a positive exponential relationship with time, and the correlation coefficient ranges from 0.938 1 to 0.987 3, the increase of soil moisture content showed an order as following: new gravel-mulched field>middle gravel-mulched field>old gravel-mulched field. When precipitation pulses was 7.1 mm, soil moisture content of new gravel-mulched field, middle gravel-mulched field and old gravel-mulched field increased by 42.3%, 27.4% and 23.2% respectively on the third day after rainfall, and the average moisture content increased by 52.7%, 52.7% and 45.5% respectively than that of bare land. When precipitation pulses was 1.9 mm, the soil moisture content increased by 22.6%, 27.1% and 7.6% respectively, and the average moisture content increased by 171.8%, 156.4%, and 110.3% respectively than that of bare land. When precipitation pulses was 7.1 mm and 1.9 mm, the moisture content in gravel-mulched field started to decrease in 7 days and 5 days after precipitation respectively. Both of two rainfall showed that the average soil moisture content was that new gravel-mulched field>middle gravel-mulched field>old gravel-mulched field>bare field. Compared with the bare land, gravel-mulched field can improve the utilization efficiency of the rainwater.

Keywords: gravel-mulched field; precipitation pulses; soil moisture; infiltration

土壤表层压砂作为一种古老的覆盖制度,在我国已有近 300 a 的历史^[1]。大量研究^[2-4]表明,土壤表

层压砂可以减小地表产流、抑制土壤蒸发、显著提高土壤储水量,防止土壤次生盐渍化,改善土壤理化性

收稿日期:2013-11-18

修回日期:2013-12-08

资助项目:国家自然科学基金项目“压砂地土壤水分时空变异理论与模型研究”(51269008);国家自然科学基金项目(51279167);甘肃省高等学校科研项目计划资助(2013B-019);兰州理工大学红柳青年教师培养计划资助项目(Q201310)

作者简介:赵文举(1981—),男(汉族),甘肃省永昌县人,博士,副教授,主要从事旱区水资源高效利用方面的研究。E-mail: wenjuzhao@126.com。

质,最终提高作物产量等作用。因此研究压砂在旱作农业节水、盐碱地改良和绿洲荒漠过渡带植被的恢复等方面具有重大意义。土壤表层砂砾覆盖可以减弱雨滴对土壤表层的溅蚀、表层结皮和提高水分进入土壤的能力^[5]。压砂地能有效地协调和改善土壤水、热、气、肥等状况,达到土壤和作物之间的生理协调,可有效提高降水利用效率,活化土壤潜在肥力,改善土壤的透水性、蓄水能力及通气性,增加土壤的缓冲性等^[6],同时还具有明显的生态防护效果。压砂地能够充分吸纳雨水,增强土壤的渗透力和淋溶作用,使盐分下移造成脱盐和洗盐;另一方面,由于砂砾层切断了土壤的毛细管,减少土壤水分蒸发,因而土壤下层的水分不能上移,盐分因之不能上移,这样就有效地控制了土壤盐渍化^[7]。另外,土壤表层覆砂可以显著阻止野生植被侵占农田,在昼夜温差较大的地区,土壤表层砂石上会形成冷凝水。

在干旱、半干旱的荒漠区,稀少的、不连续的和不可预测的降水脉动事件是降水脉动的基本特征^[8]。小降水事件是降水脉动的主体,大降水事件所占的比例较小^[9]。土壤水分对降水脉动产生响应^[10]。土壤水分状况是影响荒漠区植物生长的重要因素^[11-13]。干旱、半干旱地区的地下水一般埋藏较深,所以大气降水是该地区土壤水分的重要补给来源^[14]。降水入渗决定着土壤的含水状况,通常情况是:降水量小,入渗补给量也小,降水量大,入渗补给量也大。此外,土壤质地、初始含水率等下垫面因素也直接影响水分的下渗过程^[15]。降水对土壤水分入渗的影响机制国内外学者已开展了大量研究,其中大多研究集中在人工模拟降水的情况下,且多是研究单一质地的土壤水分入渗情况。对压砂地土壤水分对降水脉动响应鲜有研究。本研究对不同种植年限压砂地表层土壤水分对降水脉动响应的规律进行研究,旨在揭示降水后压砂地水分入渗规律,为研究区压砂地降水后的入渗提供理论基础和生产实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

景泰县位于中国西部的甘肃省中部,河西走廊东

端,甘、蒙、宁三省(区)交界处,黄土高原与腾格里沙漠的过渡地带。土壤类型主要为洪积灰棕荒漠土和灰钙土。景泰县地处季风区与非季风区过渡地带,县境内气候呈现出明显的大陆性气候特征,年均降水量185 mm,多集中在7—9月份,占全年降水量的61.4%,年均蒸发量3 038 mm,是降水量的16倍。光热资源丰富,年日照时约为2 725 h,日照百分率62%,太阳年平均辐射约147.8 kcal/cm²,年 ≥ 0 °C的活动积温3 614.8 °C, ≥ 10 °C的有效积温3 038 °C,无霜期141 h,年均温度8.2 °C,极端最高气温36.6 °C,极端最低气温-27.3 °C。试验区位于景泰县兰州理工大学试验基地附近。

1.2 试验方法

采用野外试验,通过烘干法测定降水前后各表层土的含水率来研究土壤水分的入渗规律,压砂地取土前揭去表层覆砂,用土钻取土,以裸地(无植被覆盖)组为参照组,探讨不同年限的压砂地水分入渗规律。降水分别发生在2013年5月15日7.1 mm和5月27日1.9 mm,降水历时分别为10 h和6 h。

压砂地的划分为以种植年限为基准:新压砂地种植年限为5~10 a,中压砂地种植年限为25~30 a,老压砂地种植年限为45~60 a。土壤取土范围:从地表依次向下0—10 cm。分别从64个点获取土样(0—10 cm),取其平均值以确保土壤含水率的准确性。

1.3 不同种植年限压砂地的土壤初始含水率和砂石颗粒级配

第1次降水7.1 mm发生前20 d以内试验区无明显降水,第2次降水1.9 mm与第一次降水7.1 mm间隔12 d,所以第2次降水脉动对土壤含水率的影响受第1次降水的影响,裸地和不同种植年限压砂地土壤初始含水率和砂石颗粒级配分别见表1—2。

表1 试验地不同降水脉动前土壤初始含水率

降水量/ mm	不同类型土壤初始含水率/%			
	裸地	新砂地	中砂地	老砂地
7.1	1.0	7.1	7.3	6.9
1.9	2.5	9.3	8.6	7.9

表2 不同年限压砂地砂石颗粒级配

砂地类型	颗粒组成/%					
	>20 mm	20~5 mm	5~2 mm	2~0.5 mm	0.5~0.75 mm	<0.075 mm
新砂地	11.6	29.4	26.2	22.5	9.5	0.8
中砂地	6.7	30.6	20.9	20.6	16.7	4.5
老砂地	9.1	24.6	15.9	19.6	22.5	8.3

2 结果与分析

2.1 相同降水脉动对不同压砂地土壤含水率的影响

通过测定降水脉动一定的情况下,土壤表层含水率随时间的变化关系来探究不同类型压砂地对降水脉动的响应规律(图 1)。图 1 给出了压砂地和裸地的土壤表层含水率随时间的拟合方程式,对其土壤表层含水率随时间的关系进行拟合,压砂地土壤含水率与时间呈显著指数正相关,相关系数均介于 0.938 1~0.987 3。裸地土壤含水率与时间呈二次多项式关系,相关系数分别是 0.909 5 和 0.890 2。图 1 显示,在降水 7.1 mm 的情况下,不同类型压砂地表层土壤含水率随时间的变化曲线,压砂地的土壤含水率都随

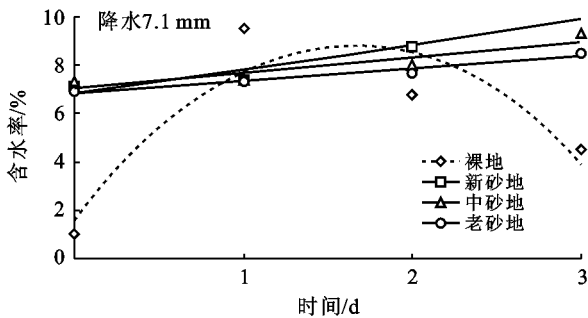


图 1 相同降水脉动对不同种植年限压砂地土壤含水率的影响

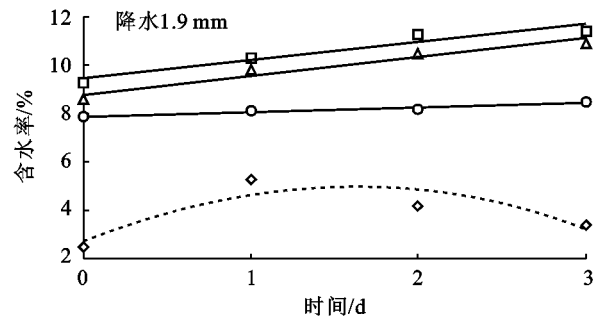
压砂地相比裸地,蒸发作用不明显。当降水分别为 7.1 和 1.9 mm 时,压砂地含水率分别在降水后第 7 天和第 5 天开始出现缓慢下降。

2.2 不同降水脉动下压砂地土壤含水率不同时间的变化量

当降水分别为 7.1 和 1.9 mm 时,不同砂地土壤含水率在降水后不同时刻相对降水前的增加量详见表 3。由表 3 可知,降水后第 1 天土壤含水率增加量,裸地含水率呈现出降水量大,入渗量大,降水量小,入渗量小的规律。和裸地相比,不同降水脉动时,降水后第 1 天土壤含水率相对降水前的增加率,新压砂地和中压砂地都呈现出降水脉动 1.9 mm 大于降水脉动 7.1 mm,原因是当降水 1.9 mm 时,表层覆砂是湿润的,缩短了水分在覆砂中的入渗时间,老压砂地出现相反情况,这可能与压砂地功能退化和土壤初始含水率有关。

降水后第 3 天土壤含水率增加量,降水脉动大的含水率增加量均大于降水脉动小的情况,相同降水脉动时,裸地的土壤含水率增加最大,主要是裸地土壤初始含水率很小;和裸地相比,压砂地土壤含水率增加量表现为:新压砂地>中压砂地>老压砂地,原因

时间的延长而增大,其中新压砂地土壤含水率增长最快,中压砂地次之,老压砂地最慢,原因是随着种植年限的增加,压砂地表层覆砂中的土含量增高,阻碍了水分的入渗;裸地土壤表层含水率出现显著地先增大后减小的规律,只在短时间内土壤含水率高于压砂地,这主要是该地区强烈蒸发造成的。当降水为 1.9 mm 时,压砂地的土壤含水率均随时间的增长而增高,其中老压砂地增长缓慢,裸地土壤含水率依旧呈现先增高后减小的规律,和降水 7.1 mm 时的裸地土壤含水率的变化曲线相比,变化量不显著,原因是初始含水率较高,且降水量小。图 1 中压砂地曲线斜率显示含水率增加速率表现为:新压砂地>中压砂地>老压砂地。



是随着种植年限的增加,表层覆砂中土砂比增大,压砂地入渗能力和抑制蒸发的能力都在减弱。

表 3 降水后土壤含水率相对降水前的增加量

降水量/ mm	时间	土壤含水量时差量/%			
		裸地	新压砂地	中压砂地	老压砂地
7.1	F	850.0	4.2	1.4	5.8
	S	580.0	23.9	9.6	11.6
	T	350.0	42.3	27.4	23.2
1.9	F	112.0	10.8	14.0	2.5
	S	68.0	21.5	21.1	3.8
	T	36.0	22.6	21.7	7.6

注:表中 F,S,T 分别代表降水后第 1 天、第 2 天、第 3 天。

2.3 不同降水脉动下各压砂地表层土壤平均含水率

由图 2 可知,降水 1.9 mm 时压砂地土壤平均含水率均高于降水 7.1 mm 时的含水率,裸地相反。两次降水都呈现出土壤平均含水率表现为:新压砂地>中压砂地>老压砂地>裸地。说明压砂地能更好地保持水分、抑制蒸发,裸地的持水能力弱,不能高效利用雨水。随着种植年限的增加,压砂地利用雨水的功能在降低。降水为 7.1 mm 时,平均含水率新压砂地、中压砂地、老压砂地较裸地分别增加了 52.7%,

45.5%, 38.2%; 降水为 1.9 mm 时, 分别增加了 171.8%, 156.4%, 110.3%。压砂地显著提高了降水的利用效率。

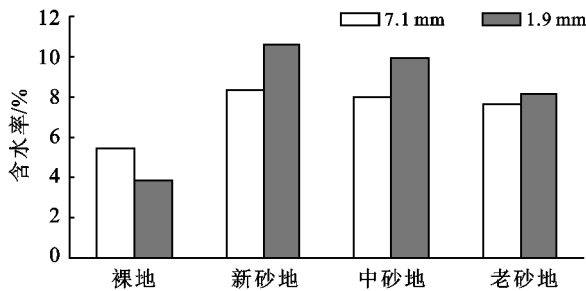


图 2 不同降水脉动下压砂地土壤平均含水率

3 结论

(1) 裸地土壤含水率与时间呈二次多项式关系, 压砂地的表层含水率都随降水后时间的延长而增大, 与时间呈指数函数正相关, 相关系数均介于 0.938 1~0.987 3。时间间隔在一定范围内的两次降水, 第 1 次降水脉动对第 2 次的降水脉动有影响, 这种影响主要是通过改变土壤初始含水率, 进而改变水分的入渗速率。就压砂地而言, 第 1 次的降水对表层压砂起到了润湿作用, 该作用缩短了第 2 次降水在砂石中的入渗时间。另外, 水分的入渗和蒸发与土壤的物理性质(田间持水率、饱和含水率、孔隙率、透水性等)及土壤自身的结构有关。

(2) 压砂地的土壤含水率都随时间的延长而增大, 其中新压砂地土壤含水率增长最快, 中压砂地次之, 老压砂地最慢。相同降水脉动时, 裸地的土壤含水率增加最大, 主要是裸地土壤初始含水率很小; 压砂地土壤含水率增加量表现为: 新压砂地 > 中压砂地 > 老压砂地。降水脉动为 7.1 mm 时, 新压砂地、中压砂地、老压砂地在降水后第 3 天土壤含水率比降水前分别增加了 42.3%, 27.4%, 23.2%, 降水脉动为 1.9 mm 时, 土壤含水率分别增加了 22.6%, 21.7%, 7.6%。

(3) 与裸地相比, 降水 1.9 mm 时压砂地土壤平均含水率均高于降水 7.1 mm 时的含水率, 说明压砂地能更好地保持水分、抑制蒸发, 裸地的持水能力弱, 不能高效利用雨水。当降水脉动为 7.1 和 1.9 mm 时, 新压砂地、中压砂地、老压砂地平均含水率较裸地

分别增加了 52.7%, 45.5%, 38.2% 和 171.8%, 156.4%, 110.3%。说明随着种植年限的增加, 压砂地利用雨水的功能在降低。

[参 考 文 献]

- [1] 杜延珍. 砂田在干旱地区的水土保持作用[J]. 中国水土保持, 1993(4):36-39.
- [2] Li Xiaoyan, Gong Jiadong, Gao Qianzhao, et al. Rainfall interception loss by pebble mulch in the semiarid region of China [J]. Hydrology, 2000, 228(3/4):165-173.
- [3] Figueired T, Poesen J. Effects of surface rock fragment characteristics on interrill runoff and erosion of a silty loam soil [J]. Soil Tillage Research, 1998, 46(1/2): 81-95.
- [4] 王占军, 蒋齐, 何建龙, 等. 宁夏环香山地区压砂地土壤肥力特征分析[J]. 水土保持学报, 2010, 24(2):201-204.
- [5] Tejedor M, Jimenez C, Diaz F. Volcanic materials as mulches for water conservation [J]. Geoderma, 2003, 117(3/4): 283-295.
- [6] 李生宝, 王占军, 王月玲, 等. 宁南山区不同生态恢复措施对土壤环境效应影响的研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4):20-22.
- [7] 原翠萍. 砂石覆盖对蒸发和入渗产流过程影响的实验研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [8] Weltzin J F, Tissue D T. Resource pulses in arid environments-patterns of rain, patterns of life [J]. New Phytol., 2003, 157(2):171-173.
- [9] Loik M E, Breshears D D, Lauenroth W K, et al. A multi-scale perspective of water pulses in dryland ecosystems: Climatology and ecohydrology of the western USA [J]. Oecologia, 2004, 141(2):269-281.
- [10] Reynolds J F, Kemp P R, Ogle K, et al. Modifying the pulse-reserve paradigm for deserts of North America: Precipitation pulses, soil water, and plant responses [J]. Oecologia, 2004, 141(2):194-210.
- [11] 张凯, 冯起, 吕永清, 等. 民勤绿洲荒漠带土壤水分的空间分异研究[J]. 中国沙漠, 2011, 31(5):1149-1155.
- [12] 马金珠, 周向阳, 王云权, 等. 巴丹吉林沙漠南部高大沙丘包气带水分空间分布特征研究[J]. 中国沙漠, 2011, 31(6):1365-1372.
- [13] Baird A J, Wilby R L. 生态水文学: 陆生环境和水生环境植物与水分关系[M]. 赵文智, 王根绪, 译. 北京: 海洋出版社, 2002.
- [14] 王正宁, 王新平. 荒漠灌丛树干茎流及其入渗、再分配特征[J]. 中国沙漠, 2010, 30(5):1108-1113.
- [15] 刘贤赵, 康绍忠. 降水入渗和产流问题研究的若干进展及评述[J]. 水土保持通报, 1999, 19(2):57-62.