

撂荒年限对陕北黄土区山地枣林土壤水分的影响

宗巧鱼¹, 艾宁^{1,2}, 刘广全², 张军³, 郭红艳³,

刘长海¹, 强方方¹, 郝宝宝¹, 王祎珂¹

(1.延安大学 生命科学学院/陕西省红枣重点实验室, 陕西 延安 716000;

2.中国水利水电科学研究院, 北京 100044; 3.子长市退耕还林工程管理办公室, 陕西 子长 717300)

摘 要:为了研究撂荒年限对陕北黄土区山地枣林土壤水分的影响,选取延川县齐家山红枣试验示范基地不同撂荒年限山地枣林为主要研究对象,并选取撂荒苹果林和撂荒草地为对照,通过土钻法对其 0—340 cm 土层土壤水分进行研究。结果表明:(1) 生长季中不同撂荒年限下各林地土壤水分表现出随季节变化的波动性;(2) 不同撂荒年限下枣林地平均土壤含水量存在显著差异($p < 0.05$),生长季中均表现为 3 a>6 a>1 a>20 a,生长季中不同植被类型下平均土壤含水量也存在显著差异($p < 0.05$),均表现为撂荒枣树最高,撂荒苹果林次之,撂荒草地最小;(3) 不同撂荒年限下各林地土壤干燥化强度都属于轻度干燥化,平均干燥化指数介于 0.17%~1.23%;(4) 撂荒 1 a,3 a 和 6 a 枣林地在 40—140 cm 土层夏季土壤储水补偿度基本在平衡值之间波动,说明生长季内撂荒枣林地在该土层土壤水分消耗与补充基本达到平衡,夏季降雨并未对撂荒 20 a 枣林地土壤水分亏缺进行补偿,土壤水分亏缺没有得到改善,该样地土壤水分亏缺加重。综上,研究不同撂荒年限下山地枣林土壤水分的动态变化,对该区撂荒土地的再利用具有重要的意义。

关键词:陕北黄土区; 枣林; 撂荒; 土壤水分

中图分类号:S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)04-0070-07

Effects of Different Abandonment Years on Deep Soil Water of *Ziziphus jujube* (Mill.) Forest in Loess Area of Northern Shaanxi

ZONG Qiaoyu¹, AI Ning^{1,2}, LIU Guangquan², ZHANG Jun³, GUO Hongyan³,

LIU Changhai¹, QIANG Fangfang¹, HAO Baobao¹, WANG Yike¹

(1.College of Life Science/Shaanxi Key Laboratory of Chinese Jujube, Yan'an University, Yan'an,

Shaanxi 716000, China; 2.China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China;

3.Zichang Municipal Management Office for Returning Farmland to Forest Project, Zichang, Shaanxi 717300, China)

Abstract:In order to study the seasonal dynamic changes of soil water characteristic under different fixed number of year of the abandoned *Ziziphus jujube* (Mill.) forest in northern Shaanxi loess area, we selected Qijiashan jujube test base of Yanchuan County, northern Shaanxi jujube experiment demonstration base of different fixed number of year of the abandoned mountain *Ziziphus jujube* as the main research site, and abandoned forest and abandoned grass as the controls, examined the soil moisture of the 0—340 cm soil layer by the soil drilling sampling method. The results show that: (1) the soil moisture in growing season in the woodland under different fixed number of year of the abandoned shows the volatile changes with the seasons, and soil water seasonal variation decreases with the increase of soil depth; (2) there are significant differences in the average soil water content of jujube forest under different years of fallow ($p < 0.05$); in the growing season, the average soil water content decreases in the order: 3 a>6 a>1 a>20 a, and there are also significant differences in the average soil water content under different vegetation types ($p < 0.05$); (3) the soil desiccant intensity of each forest land under different fallow years is slightly desiccant, with the average desiccant index ranging from 0.17% and 1.23%; (4) the compensation degree of soil water storage in summer in the 40 cm to 140 cm soil layer of jujube forest lands with the fallow of 1 years, 3 years and 6 years fluctuates basically between the equilibrium value, indicating that the soil water consumption and supplement

收稿日期:2020-09-01

修回日期:2020-09-23

资助项目:“十三五”国家重点研发计划(2016YFC0501602;2016YFC0501705);大学生创新创业训练计划项目(D2019111)

第一作者:宗巧鱼,(1994—),女,陕西延安人,硕士研究生,研究方向为水土保持与林业生态工程。E-mail:Zongqiaoyu@163.com

通信作者:艾宁(1989—),男,陕西延安人,博士,研究生导师,主要从事水土保持与林业生态工程研究。E-mail:aining_Office@126.com

of the fallow jujube forest lands in this soil layer basically reaches the balance during the growing season. The rainfall in summer does not compensate for the soil water deficit in the jujube forest with 20-year abandonment, and the soil water deficit is not improved. In summary, studying the dynamic changes of soil moisture in jujube forests in mountainous areas under different abandonment years is of great significance to the reuse of abandoned land in this area.

Keywords: loess area in northern Shaanxi; jujube forest; abandoned land; soil water

土壤水分是联系土壤、植被和大气的重要因子,对土壤特性、植被生长分布、植被群落演替及群落结构有着重要影响^[1-3]。土壤水分受到多种因素的影响,包括水文、气象、地形、植被类型和人为活动等^[4-7],在时间和空间上表现出明显的变异性和尺度依赖性^[8]。陕北黄土区降水少,气候干旱,土壤瘠薄,水土流失严重,生态脆弱,土壤干化缺水严重^[9]。枣树(*Ziziphus jujua*)是陕北黄土区退耕还林的重要经济林木,发展枣林产业是改善该区生存环境,提高当地生活水平的有效措施,生态和经济效益显著。土壤水分制约着枣树的生长发育,是其生长过程中最主要的限制因子。因此,对于该区域枣林土壤水分进行研究具有重要意义。目前,众多学者对陕北黄土区山地枣林土壤水分的动态变化进行了研究。魏瑞锋等^[10]研究表明土壤水分条件与植被耗水量呈正相关,枣树耗水量随着水分供应量增加而增加;王经民等^[11]应用 Gauss 函数与扩张因子 b 的积数学模型拟合在山地枣树生长过程中土壤水分的变化,研究结果表明枣林土壤水分消耗随着林龄增长而增大;马建鹏等^[12]研究表明随着山地枣林种植年限的增加,枣树对下层土壤水分利用加剧,年耗水量增大,耗水深度增加,土壤储水量下降,下层土壤水分亏缺加大,进而导致枣林土壤干层的分布深度增加,土壤干燥化强度也趋于增加;汪星等^[13]将 0—10 m 土层范围山地密植枣林土壤水分从上到下划分为稳定层、活跃层以及难恢复层,对陕北黄土区山地枣林的土壤水分变化规律进行研究。纵观已有研究,虽然对枣林土壤水分动态变化做了大量研究,但主要集中在枣林地的蒸腾蒸发耗水及枣林地土层内水分动态变化等方面的研究,目前对山地枣林生长季中深层土壤水分动态变化以及土壤水分亏缺程度与撂荒年限耦合关系的研究鲜见报道。因此,本文以陕北黄土区不同撂荒年限山地枣林作为研究对象,撂荒苹果林和撂荒草地作为对照,系统分析该区不同撂荒年限下枣林 0—340 cm 土层土壤水分季节变化特征、土壤干燥化特征及土壤贮水亏缺程度,旨在明确陕北黄土区山地枣林土壤水分动态变化及土壤贮水亏缺程度,以期为今后该区域进行山地枣园营造和管理、红枣生产基地稳定发展提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于陕北黄土区延川县齐家山山地红枣栽植试验示范基地,该区位于东经 110°29′,北纬 36°57′,平均海拔 850 m。地貌为陕北典型黄土高原梁峁沟壑区。研究区属于温带大陆性季风气候。研究区降雨时空分布不均匀,且多为短时间强降雨的雷雨,主要集中于 7—9 月份,年平均降雨量 500 mm 左右。研究区主要栽植枣树为主,以及一些苹果(*Malus domestica*)等经济林树种和酸枣(*Ziziphus jujuba* Mill. var. *spinosa*)等野生小灌木。

2 材料与方法

2.1 样地布设

于 2019 年在陕西省延川县齐家山红枣试验基地,按照典型性和代表性的原则,在试验区选取不同撂荒年限下红枣林地、撂荒苹果园地以及撂荒草地,共计 7 块样地进行调查取样,样地详细信息见表 1。

表 1 采样点基本情况

编号	植被类型	海拔/ m	坡位	撂荒 年限/a	整地 方式
1	枣林	867	下坡位	3	无
2	枣林	860	中坡位	3	水平阶
3	枣林	836	下坡位	6	无
4	枣林	880	下坡位	1	无
5	枣林	880	下坡位	20	无
6	苹果林	900	中坡位	3	水平阶
7	撂荒草地	905	中坡位	3	水平阶

2.2 样品采集

课题组于 2019 年,在每个样地分春(3—5 月)、夏(6—8 月)、秋(9—11 月)3 个时间段,每月 15 日左右进行采样,如有降雨发生,采样时间推迟 1 周。每个样地取样深度为 0—340 cm,其中 0—100 cm 土层以 10 cm 为间隔取样,100—340 cm 土层以 20 cm 为间隔取样,将各层的土壤样品装入铝盒,每层 3 个重复,带回实验室 105°恒温烘干测定其含水量。整个试验过程共采集 4 158 个土壤样品用于试验数据处理与分析。

2.3 土壤干燥化强度评价方法

本文为定量描述不同撂荒年限下枣林地的土壤

干燥化程度,采用土壤干燥化指数 SDI(soil desiccation index)对比不同撂荒年限下枣林地的土壤干燥化程度。土壤干燥化强度划分标准见表 2,土壤干燥化指数 SDI 定义为某一土层实际土壤有效含水量占该层土壤稳定有效含水量比值的百分数,其含义为某一土层可供植物吸收利用的土壤实际有效含水量占该层土壤正常有效含水量的比重^[14],公式为:

$$SDI = (1 - \frac{SM - SW}{SSM - SW}) \times 100\% = \frac{SSM - SM}{SSM - SW} \times 100\% \quad (1)$$

式中:SDI 为土壤干燥化指数(%);SM 为土壤湿度(%);SW 为凋萎湿度(%);SSM 是土壤稳定湿度(%)。本文中土壤稳定湿度取田间持水量的 60%^[15],凋萎湿度取 4.7%^[16]。

表 2 土壤干燥化强度划分标准

土壤干燥化指数(SDI)/%	土壤干燥化强度等级	土壤干燥化指数(SDI)/%	土壤干燥化强度等级
SDI ≥ 100	极度干燥化	25 ≤ SDI < 50	中度干燥化
75 ≤ SDI < 100	强烈干燥化	0 ≤ SDI < 25	轻度干燥化
50 ≤ SDI < 75	严重干燥化	SDI < 0	无

2.4 试验数据测定

1 m 以下土壤容重实测较难,土壤容重与有机碳含量有关,采用土壤容重的计算公式^[17]:

$$BD = 1.3770 \times e^{-0.0048 \times SOC} \quad (2)$$

土壤储水量计算公式为:

$$SMS = SMC \times BD \times H \quad (3)$$

式中:SMS 为土壤储水量(mm);SMC 为土壤质量含水量(%);BD 为土壤容重(g/cm³);H 为土层厚度(mm)。

土壤田间持水量计算公式为:

$$F_c = \frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1} \times \rho \times H \quad (4)$$

式中: m_1 为空环刀重量(g); m_2 为烘干后干土与环刀重量(g); m_3 为吸水后环刀和土壤总重量(g); F_c 为土壤田间持水量。

土壤储水亏缺度与亏缺补偿度^[18]:

$$DSW = \frac{D_a}{F_c} \times 100\% \quad (5)$$

式中: D_a 为土壤储水亏缺量(mm); F_c 为田间持水量(mm);DSW 为土壤储水亏缺度。

$$CSW = \frac{\Delta W}{D_{ac}} \times 100\% \quad (6)$$

式中:CSW 为土壤储水亏缺补偿度; ΔW 为春季土壤储水增量(mm); $\Delta W = W_{cm} - W_{cc}$ 为秋季土壤实际储水量(mm); W_{cc} 为春季初土壤实际储水量; D_{ac} 为春季土壤水亏缺量(mm), $D_{ac} = F_c - W_{cc}$ 。

DSW 可以反映土壤贮水亏缺程度,其中亏缺度

为 0,则表明土壤水分亏缺得以完全恢复;CSW 用来反映夏季降雨对土壤水分亏缺的补偿程度,如果 $CSW < 0$,表示土壤水分亏缺在夏季没有得到补偿,亏损进一步加强;如果 $CSW = 100\%$,表示土壤水分亏缺得以完全补偿与恢复^[18]。

文中数据采用 Microsoft Excel 2016,SPSS 22.0 软件对试验数据进行单因素方差分析,用 Origin 2017 进行图表绘制。

3 结果与分析

3.1 不同撂荒年限下林地土壤水分剖面特征分析

由图 1 可知,土壤含水量垂直剖面的动态变化特征具有一定的层次性,且随季节变化波动较大,0—100 cm 土层土壤水分随季节变化趋势最为明显,随着土层深度增加,土壤含水量变化明显减弱,最后趋于稳定。总体来说,0—50 cm 土层夏季植被土壤含水量高于秋季,秋季高于春季。各季节不同撂荒年限下的枣树林地、撂荒苹果林及撂荒草地土壤含水量都在 20 cm 左右出现了明显的拐点,而 50—340 cm 土层土壤含水量变化趋势存在差异。其中,撂荒 1 a 枣林地各季节土壤含水量变化基本趋于一致,都在 20 cm 土层达到最大,分别是夏季(13.34%),秋季(9.96%),春季(9.91%);且各季节土壤含水量在 280 cm 土层出现了拐点。撂荒 3 a 枣林地各季节土壤含水量变化存在差异。撂荒 6 a 枣林地各季节土壤含水量变化趋于一致,1 m 以下各季节土壤含水量基本稳定在 6.11%~6.99%。撂荒 20 a 枣林地各季节土壤含水量随着土层深度的增加总体呈现先增加后减小的趋势。撂荒苹果林和撂荒草地土壤含水量各季节变化趋势一致,1 m 以下各季节土壤含水量分别稳定在 6.84%~7.71%,4.24%~6.31%。

3.2 不同撂荒年限下林地土壤含水量变化特征分析

分别对各季节不同撂荒年限下枣林地、撂荒苹果林及撂荒草地土壤含水量进行统计分析(表 3)。其中春季各林地 0—340 cm 土层土壤含水量介于 5.11%~13.93%,平均值 7.75%,土壤储水量介于 246.97~476.50 mm,平均 346.03 mm;夏季土壤含水量在 5.14%~16.61%波动,平均值达 9.35%,土壤储水量介于 284.27~519.49 mm,平均 372.81 mm;秋季土壤含水量和土壤储水量分别介于 4.24%~15.94%和 282.12~465.31 mm。各季节不同撂荒年限下枣林地平均土壤含水量均表现为 3 a > 6 a > 1 a > 20 a。各季节不同撂荒年限下枣林地土壤储水量有所不同,春季表现为,撂荒 3 a(476.50 mm) > 撂荒 20 a(384.14 mm) > 撂荒 1 a(337.67 mm) > 撂荒 6 a(289.77 mm);夏季和秋

季均为 3 a>6 a>1 a>20 a。春季、夏季和秋季不同植被类型下平均土壤含水量均表现为撂荒枣树>撂荒苹果林>撂荒草地。土壤储水量春季表现为,撂荒枣树>撂荒苹果林>撂荒草地。

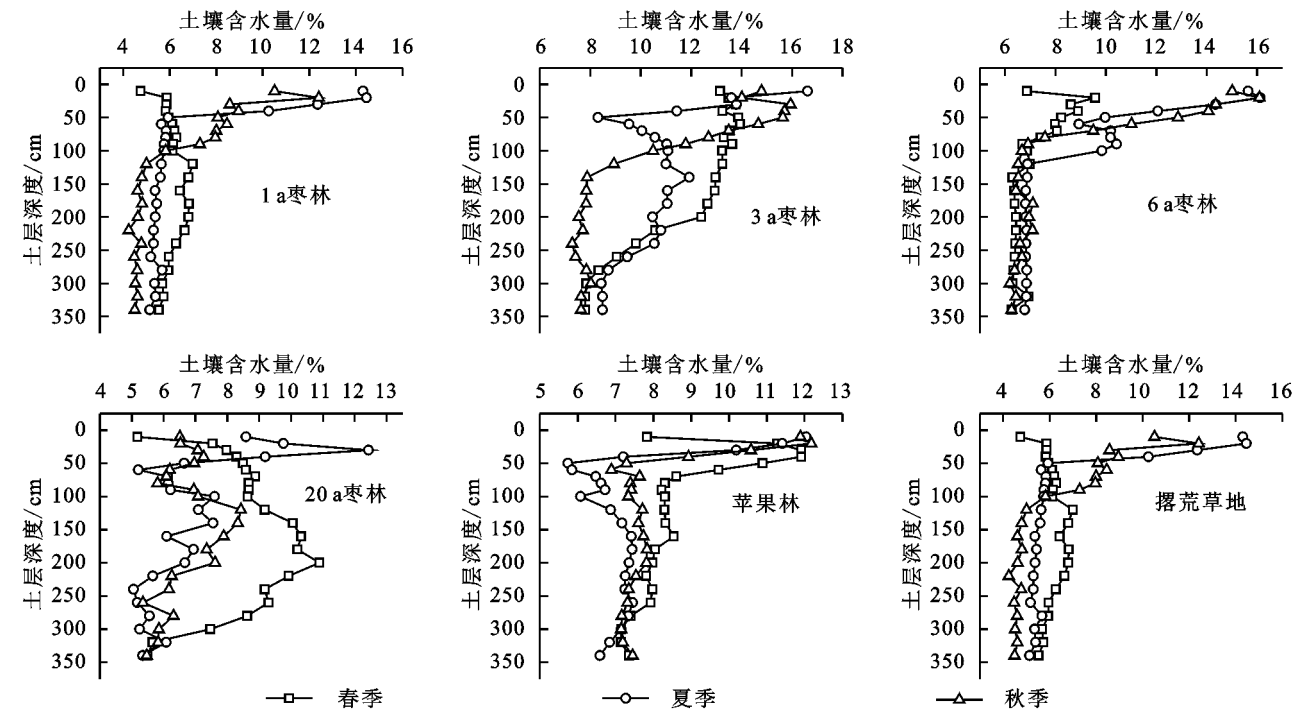


图 1 不同撂荒年限林地土壤水分季节分布特征(0—340 cm)

表 3 不同植被类型下 0—340 cm 土层土壤含水量比较

类型	样地	平均土壤含水量/%	最小值/%	最大值/%	变异系数	土壤储水量/mm
Ⅰ	1 a 枣林(样地 4)	7.05e	6.04	9.91	0.13	337.67
	3 a 枣林(样地 1)	11.06a	7.80	13.93	0.18	476.50
	3 a 枣林(样地 2)	8.67b	5.28	13.73	0.32	316.88
	6 a 枣林(样地 3)	7.95c	6.27	9.57	0.15	289.77
	20 a 枣林(样地 5)	6.55f	5.17	10.32	0.17	384.14
	苹果林(样地 6)	7.43d	7.14	11.91	0.17	370.32
	撂荒草地(样地 7)	5.60g	5.11	6.79	0.16	246.97
Ⅱ	1 a 枣林(样地 4)	8.29e	6.42	13.34	0.27	355.98
	3 a 枣林(样地 1)	12.21a	8.43	16.61	0.20	519.49
	3 a 枣林(样地 2)	11.68b	6.78	16.06	0.33	468.65
	6 a 枣林(样地 3)	8.89c	6.11	16.12	0.36	356.48
	20a 枣林(样地 5)	8.84c	5.17	12.43	0.26	324.52
	苹果林(样地 6)	8.64d	5.78	12.04	0.22	300.33
	撂荒草地(样地 7)	6.92f	5.14	14.41	0.34	284.27
Ⅲ	1 a 枣林(样地 4)	7.77e	6.63	9.96	0.10	341.34
	3 a 枣林(样地 1)	11.67a	7.28	15.94	0.33	465.31
	3 a 枣林(样地 2)	10.87b	7.17	14.82	0.23	436.48
	6 a 枣林(样地 3)	8.79c	6.19	16.09	0.37	354.56
	20 a 枣林(样地 5)	6.69g	5.46	7.25	0.13	296.66
	苹果林(样地 6)	8.06d	7.15	12.17	0.18	347.53
	撂荒草地(样地 7)	6.85f	4.24	12.40	0.30	282.12

注:Ⅰ类指春季,Ⅱ类指夏季,Ⅲ类指秋季。图中小写字母表示不同样地间土壤水分在 $p<0.5$ 水平下差异显著。

3.3 不同撂荒年限下枣树林地土壤干燥化分析

表 4 为不同季节下枣林 SDI(土壤干燥化指数)及其干层厚度。总体来说,在 0—340 cm 不同林地土壤干

燥化强度都属于轻度干燥化,平均干燥化指数介于 0.17%~1.23%,轻度干燥层厚度介于 200—340 cm。春季不同林地的土壤干燥化指数,撂荒 3 a 枣林地最小

0.17%, 撂荒草地最大 1.23%; 其干层厚度撂荒 3 a 枣林地 为 200 cm, 其余林地均为 340 cm。夏季不同林地的土 壤干燥化指数介于 0.30%~1.01%, 撂荒 3 a 枣林地最 小, 撂荒 20 a 枣林地最大; 轻度干燥层厚度从小到大依 次为撂荒 3 a 枣林地(300 cm), 撂荒 6 a 枣林地(310

cm), 撂荒草地(310 cm), 撂荒 1 a 枣林地(320 cm), 撂荒 20 a 枣林地(340 cm), 苹果林(340 cm)。秋季不同林地 的土壤干燥化指数介于 0.35%~1.05%, 撂荒 3 a 枣林地 最小, 撂荒 20 a 枣林地最大; 干层厚度撂荒 3 a 枣林地最 小(240 cm), 撂荒 6 a 枣林地次之(310 cm)。

表 4 土壤干燥化强度及其各类土壤干层厚度

类型	样地	平均干燥化 指数/%	干燥化强度	极度干燥 层厚度/cm	强烈干燥 层厚度/cm	严重干燥 层厚度/cm	中度干燥 层厚度/cm	轻度干燥 层厚度/cm
I	1 a 枣林	0.78	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	3 a 枣林	0.17	轻度干燥化	0	0	0	0	200
	3 a 枣林	0.89	轻度干燥化	0	0	0	0	330
	6 a 枣林	0.99	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	20 a 枣林	0.75	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	苹果林	0.65	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	撂荒草地	1.23	轻度干燥化	0	0	0	0	340
II	1 a 枣林	0.85	轻度干燥化	0	0	0	0	320
	3 a 枣林	0.30	轻度干燥化	0	0	0	0	300
	3 a 枣林	0.22	轻度干燥化	0	0	0	0	260
	6 a 枣林	0.68	轻度干燥化	0	0	0	0	310
	20 a 枣林	1.02	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	苹果林	0.93	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	撂荒草地	1.01	轻度干燥化	0	0	0	0	310
III	1 a 枣林	0.87	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	3 a 枣林	0.35	轻度干燥化	0	0	0	0	240
	3 a 枣林	0.21	轻度干燥化	0	0	0	0	200
	6 a 枣林	0.70	轻度干燥化	0	0	0	0	300
	20 a 枣林	1.05	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	苹果林	0.82	轻度干燥化	0	0	0	0	340
	撂荒草地	1.02	轻度干燥化	0	0	0	0	340

注: I 类指春季, II 类指夏季, III 类指秋季。

3.4 不同撂荒年限下枣林地土壤储水亏缺程度分析

不同撂荒年限下枣林地土壤储水亏缺度与储水 亏缺补偿度存在差异(图 2)。春季, 不同撂荒年限下 枣林地 0—340 cm 土层平均土壤储水亏缺度表现为 6 a(41.51%)>20 a(35.50%)>1 a(30.62%)>3 a (17.59%); 在 0—100 cm 土层各样地土壤储水亏缺 度随着土层深度的增加, 均呈先减小后增加的趋势, 且在 40 cm 处亏缺程度最小; 100—340 cm 土层各样 地土壤储水亏缺度变化趋势基本一致, 随着土层的增 加呈降低趋势, 1 a, 6 a 和 20 a 枣林地降低趋势明显, 各样地在 300 cm 左右均有波动。秋季, 整个土层土 壤储水亏缺度表现为 20 a(42.19%)>1 a(33.57%)>6 a (31.16%)>3 a(17.10%), 整体呈先增加再减小的趋 势; 在 0—100 cm 土层各样地土壤储水亏缺度变化趋 势与春季相同, 在土层 40 cm 左右亏缺程度最小, 100 cm 处亏缺度明显降低; 撂荒 20 a 与 1 a 秋季土壤储 水亏缺度较春季大。

除撂荒 20 a 枣林地以外, 各样地 0—100 cm 土

层夏季土壤储水补偿度均为正值, 说明夏季降雨对枣 林地 100 cm 以内土层的土壤水分进行了补偿, 但是 随着土层深度的增加, 补偿度降低, 降雨对土壤水分 的补充作用越来越小, 6 a 补偿度最大仅有 17.83%; 各样地夏季土壤储水补偿度在 200—340 cm 土层均 为负值, 即夏季降雨并未对深层土壤水进行补偿, 且 土壤水分亏缺加重; 20 a 枣林地在 20—340 cm 土层 补偿度均为负值, 说明雨季降雨并未对其土壤水分进 行补充与恢复, 林地土壤水分亏缺加重, 但是随着土 层深度的增加, 补偿度也在增加, 土壤耗水与补充间 的差值越来越小; 在 60—140 cm 土层各样地基本在 平衡值之间波动, 说明夏季撂荒枣林地土壤水分消耗 与补充基本达到平衡。

4 讨论

4.1 不同撂荒年限下林地土壤含水量变化特征

不同撂荒年限下枣林土壤水分含量随季节的变 化波动性较大, 这与徐志尧等^[19]的研究结果相同, 这

种波动性是植被对土壤水分的利用、自然降水和土壤水分物理蒸发等因素共同作用的结果。不同植被类型土壤含水量在土层 20 cm 左右出现了拐点及 0—50 cm 土层植被土壤含水量夏季高于春季和秋季, 主要是因为 100 cm 内土层土壤含水量易受气温、降水、蒸腾蒸发的影响, 土壤上层处于水分消耗与水分增补的交替过程中, 土壤水分变化剧烈, 随着土层深度的增加, 100 cm 以下土层降雨很难入渗, 土壤水分入渗能力下降, 同时土壤物理蒸发相对减弱, 土壤水分主要受植被自身根系的影响, 使得深层土壤水分维持稳定状态^[19]。夏季到秋季研究区气温逐渐降低, 植被自身生理活动逐渐减弱, 进一步导致植被对土壤水分的利用降低, 加之夏季降雨对土壤水分的补充, 枣林地土壤水分表现出秋季高于夏季, 土壤含水量上升^[20]。

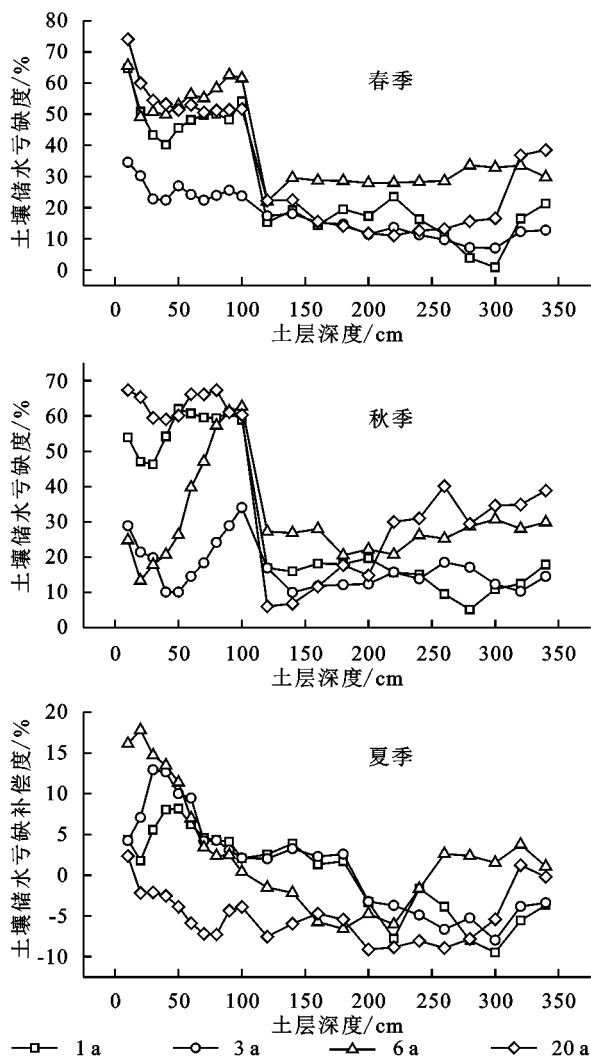


图2 不同撂荒年限下土壤储水亏缺度与亏缺补偿度分析

撂荒 1 a, 3 a, 6 a 和 20 a 枣林地土壤含水量存在显著差异, 枣林地经过长期的撂荒, 土壤表层次生演替出生物多样性较高的草地生态系统, 随着撂荒年限的增加枣林地的林下草本植物种类及数量增多, 进而导致土壤含水量存在显著差异。本研究中撂荒 3 a 土壤含水量最

高, 撂荒 20 a 土壤含水量最低, 说明撂荒演替前期土壤含水量呈增加的趋势, 但随着撂荒演替时间的增长土壤含水量呈下降的趋势, 这可能是随着撂荒年限的增加, 林地植被种类与数量增多耗水增加以及林地随着撂荒时间的增加, 土壤表层会形成生物土壤结皮导致土壤下渗率降低^[21]。而不同植被的土壤含水量不仅受降水的影响, 植被根系吸收水分的深度范围也会影响其含量, 植被根系主要的分布区是降水—植被—深层土壤水分进行水分交换的缓冲区^[22], 黄志刚等^[23]也在研究中指出, 由于植被类型不同, 根系的分布深度差异较大, 从而土壤的蒸发和植被的蒸腾有所差异, 进一步造成土壤水分的分布也不同。对植被生长所需水分提供保障从而不同植被的土壤含水量之间存在差异。不同植被类型下的土壤储水量存在差异, 这与王晶等^[22]对黄土高原林地储水量的研究结果相一致, 不同林地在生长季的土壤储水量存在明显差异, 并且具有明显的季节性。同时土壤储水量的变化可以反映出植被土壤水分的平衡状态, 土壤储水量变化与植被的根系分布有关, 根系分布多, 根系对土壤水分的吸收量大, 从而导致土壤储水量增高。研究结果表明撂荒草地保水蓄水能力较撂荒林地差。研究区林地存在着大量的撂荒, 本研究仅从土壤水分对不同撂荒年限枣林地进行了研究, 后续可以从土壤入渗率等方面继续研究, 到底通过撂荒该区自然生态系统恢复程度如何还需进一步研究。

4.2 不同撂荒年限下枣树林地土壤干燥化与土壤储水亏缺程度

陕北黄土区枣林地深层土壤干燥化现象是枣树生长耗水、降水相对不足和潜在蒸发量巨大等因素长期相互作用的结果。本研究在 0—340 cm 土层不同撂荒年限下枣林地土壤干燥化强度都属于轻度干燥化, 李玉山^[24]认为, 林地 0—300 cm 土层受降水入渗影响最为明显, 是干湿交替层, 而 300 cm 以下土层为稳定的下伏土壤干层。除撂荒 20 a 枣林地以外, 各样地 0—100 cm 土层夏季土壤储水补偿度均为正值, 说明在降雨集中的夏季, 对土壤水分形成了有效的补给。但 200—340 cm 各样地补偿度均为负值, 说明枣林深层土壤水分处于亏缺状态。本研究中夏季降雨并未对撂荒 20 a 枣林地土壤水分亏缺进行补偿, 土壤水分亏缺没有得到改善, 说明该样地土壤水分亏缺加重。撂荒 1 a, 3 a 和 6 a 枣林地土壤水分较雨季前均有不同程度的补偿, 但没有达到完全恢复。陕北黄土区枣树以旱作为主, 由于自然降水较少, 深层土壤水分对枣树生长具有重要的意义, 然而, 缺乏必要人工补灌的枣园深层干燥化程度加剧和永久性

土壤干层产生必然成为一种趋势,永久性土壤干层形成后,深层土壤水分供应相对减弱乃至消失,枣树生长更加严重依赖自然降水,特别是夏季降水补给,补充的降雨供枣树生长消耗后无降水盈余,枣园深层土壤水分将得不到良好恢复。所以,一旦旱作枣园深层土壤干燥化达到较严重的程度,其后果不仅表现为当前枣园退化,生态环境恶化,更意味着其在该地区生产价值的降低,不利于当地枣业的可持续发展。

5 结论

(1) 不同撂荒年限下枣林地土壤含水量随季节变化表现出层次性和波动性,其中0—100 cm土层土壤含水量受季节变化影响最为明显,深层土壤含水量变化较小,相对稳定。

(2) 不同撂荒年限下枣林地土壤含水量差异显著($p < 0.05$),生长季中平均土壤含水量均表现为3 a > 6 a > 1 a > 20 a。春季枣林地土壤储水量撂荒3 a最大为476.50 mm,撂荒6 a最小为289.77 mm;生长季中不同植被类型下平均土壤含水量均表现为撂荒枣树 > 撂荒苹果林 > 撂荒草地。

(3) 在0—100 cm土层各样地土壤储水亏缺度随着土层深度的增加,均呈先减小后增加的趋势,在40 cm处亏缺程度最小;撂荒1 a,3 a和6 a枣林地在0—140 cm土层降水对土壤水分进行了有效的补给,其中60—140 cm土层补偿度基本在平衡值上下波动,说明该土层撂荒枣林地土壤水分消耗与补充基本达到平衡,各样地夏季土壤储水补偿度在200—340 cm土层均为负值,即夏季降雨并未对深层土壤水分进行补偿,且土壤水分亏缺加重。

参考文献:

- [1] 马婧怡,贾宁凤,程曼.黄土丘陵区不同土地利用方式下土壤水分变化特征[J].生态学报,2018,38(10):3471-3481.
- [2] 张志南,武高林,王冬,等.黄土高原半干旱区天然草地群落结构与土壤水分关系[J].草业学报,2014,23(6):313-319.
- [3] 王延平,邵明安.陕北黄土丘陵沟壑区人工草地的土壤水分植被承载力[J].农业工程学报,2012,28(18):134-141.
- [4] 李小英,段争虎,谭明亮,等.黄土高原西部丘陵区不同降雨条件下植被分布于土壤水分关系研究[J].土壤通报,2014,45(2):364-369.
- [5] 韩丙芳,马红彬,沈艳,等.不同生态修复措施对黄土丘陵区典型草原土壤水分时空变异的影响[J].水土保持学报,2015,29(1):214-219.
- [6] Zhu Q, Nie X, Zhou X, et al. Soil moisture response to rainfall at different topographic positions along a mixed land-use hillslope[J]. Catena, 2014,119(8):61-70.
- [7] Canton Y, Sole-Benet A, Domingo F. Temporal and spatial patterns of soil moisture in semiarid badlands of SE Spain[J]. Journal of Hydrology, 2004,285(4):199-214.
- [8] 傅子洹,王云强,安芷生,等.黄土高原水蚀风蚀交错带不同植被类型下土壤水分动态特征[J].地球环境学报,2015,6(3):188-194.
- [9] 梁超,郝文芳,袁丁.黄土丘陵区不同植被群落土壤水分研究[J].水土保持研究,2011,18(2):103-107.
- [10] 魏瑞锋,庄飞,范阳阳,等.土壤水分对枣树光合特性及耗水量的影响[J].灌溉排水学报,2012,31(2):107-111.
- [11] 王经民,王灿,赵斌,等.不同林龄枣林土壤水分分布模型[J].西北林学院学报,2016,31(2):55-59.
- [12] 马建鹏,董建国,汪有科,等.黄土丘陵区枣林地土壤水分时空变化研究[J].中国生态农业学报,2015,23(7):851-859.
- [13] 汪星,周玉红,汪有科,等.黄土高原半干旱区山地密植枣林土壤水分特性研究[J].水利学报,2015,46(3):263-270.
- [14] 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燥化效应[J].生态学报,2007,27(1):75-89.
- [15] 邵明安,贾晓旭,王云强,等.黄土高原土壤干层研究进展与展望[J].地球科学进展,2016,31(1):14-22.
- [16] 苟清平,朱清科,李依璇,等.陕北黄土区不同林地土壤干燥化效应[J].生态学报,2019,39(19):1-8.
- [17] Xu G, Li Z, Li P, et al. Spatial variability of soil available phosphorus in a typical watershed in the source area of the middle Dan River China[J]. Environmental Earth Sciences, 2014,71(9):3953-3962.
- [18] 王进鑫,黄宝龙,罗伟祥.黄土高原人工林地水分亏缺的补偿与恢复特征[J].生态学报,2004,24(11):2395-2401.
- [19] 徐志尧,张钦弟,杨磊.半干旱黄土丘陵区土壤水分生长季动态分析[J].干旱区资源与环境,2018,32(2):145-150.
- [20] 于晓娜,李恩贵,黄永梅,等.毛乌素沙地油蒿(*Artemisia ordosica*)群落土壤水分动态特征[J].中国沙漠,2015,35(3):674-682.
- [21] 李升发,李秀彬.耕地撂荒研究进展与展望[J].地理学报,2016,71(3):370-389.
- [22] 王晶,朱清科,刘中奇,等.黄土丘陵区不同林地土壤水分动态变化[J].水土保持研究,2011,18(1):220-223.
- [23] 黄志刚,欧阳志云,李锋瑞.南方丘陵区不同坡地利用方式土壤水分动态[J].生态学报,2009,29(6):3136-3146.
- [24] 李玉山.黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[J].自然资源学报,2001,16(5):427-432.