

王月玲,马 璠,许 浩,等. 宁南黄土区不同年限撂荒梯田土壤水文物理特征[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):293-297.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.21.071

# 宁南黄土区不同年限撂荒梯田土壤水文物理特征

王月玲<sup>1</sup>, 马 璠<sup>1</sup>, 许 浩<sup>1</sup>, 万海霞<sup>1</sup>, 董立国<sup>1</sup>, 韩新生<sup>1</sup>, 郭永忠<sup>1</sup>, 蔡进军<sup>2</sup>

(1. 宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 宁夏银川 750002; 2. 宁夏农林科学院资源与环境研究所, 宁夏银川 750002)

**摘要:**以宁南黄土区 5 个不同年限的撂荒梯田为研究对象,采用时空互代法研究撂荒地植被恢复过程中土壤水分、土壤容重等物理特征的动态变化。结果表明:(1)通过对 2016—2017 年降水数据和多年平均降水数据进行分析可以看出,降水主要集中在植物生长旺季 6—8 月,且降水的季节分配极为不均,2017 年全年降水的峰值出现在 8 月;(2)撂荒地土壤含水量季节变化趋势总体表现为 8 月 > 9 月 > 5 月 > 6 月 > 7 月,土壤含水量的季节变化与降水量的变化大体一致;在垂直剖面上,随着土层深度的加深,土壤含水量呈现增加的趋势;随着撂荒年限的延长,0~100 cm 土层土壤水分含量的变化规律不是很明显,总体呈现波动变化趋势;(3)梯田撂荒后,随着撂荒年限的增加,土壤容重总体呈减少趋势,土壤孔隙度、土壤饱和持水量和毛管持水量总体呈升高趋势。说明梯田在撂荒演替的过程中,土壤结构可得到一定程度的改善,结果可为该区域撂荒地植被的恢复提供一定的参考价值。

**关键词:**宁南黄土区;撂荒梯田;土壤水分;土壤容重;总孔隙度;毛管持水量

**中图分类号:** S157 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)21-0293-05

生态环境建设的成效在很大程度上取决于生态系统恢复重建过程中土壤质量的演化及环境效应。黄土高原生态环境建设和农业可持续发展的关键在于解决好水土资源保护和合理利用问题<sup>[1]</sup>,水资源缺乏是制约黄土高原生态环境建设的主要因子<sup>[2]</sup>。宁南黄土丘陵区地处黄土高原腹地,由于气候干旱,降水稀少,蒸发量远大于降水量,地下水埋藏很深,土壤

水分经常处于亏缺状态,生态环境极为脆弱,生态系统逐渐退化,水资源成为决定该区域生态系统结构和功能的关键因子,而土壤水分状况决定着生态建设中植被的类型和结构,是植物生长和恢复的主要影响因素<sup>[3-5]</sup>。因此,宁南黄土丘陵区土壤水分动态研究,一直是该区土壤水分利用及环境治理研究中的重要理论和实践意义的课题。降水是宁南黄土丘陵区土壤水分的唯一来源,降水在季节分配上的显著差异使得土壤水分含量与季节降水量的变化紧密相关,雨季土壤侵蚀和旱季干旱缺水成为黄土丘陵区综合治理中的主要问题<sup>[6]</sup>。土壤容重是土壤物理性质中随着撂荒演替年限的变化较为敏感的指标之一<sup>[7]</sup>。土壤物理性质如容重、有效水分含量等是土壤质量评价的重要指标,它们通过对土壤湿度、温度、通气性、土壤化学反应甚至有机质积累的作用,显著地影响着植被的生长和分布,进而影响群落的演替<sup>[8]</sup>。

土壤水分是黄土高原植物生长发育的主要限制因子,具有高度的时空变异性,许多学者从不同方面对黄土高原土壤

收稿日期:2018-09-25

基金项目:国家重点研发计划重点专项(编号:2016YFC0501702);“十二五”国家科技支撑计划(编号:2015BAC01B01);国家自然科学基金(编号:41561058、31660375);宁夏自治区全产业链创新示范项目(编号:QCYL-2018-12);宁夏自然科学基金(编号:2019AAC03289);宁夏农林科学院科技创新先导资金项目(编号:NKYJ-17-11)。

作者简介:王月玲(1980—),女,宁夏固原人,硕士,副研究员,主要从事黄土高原水土保持与生态环境建设方面的研究。Tel:(0951)6886842;E-mail:wylxny@163.com。

[4] Fan M, Shen J, Yuan L, et al. Improving crop productivity and resource use efficiency to ensure food security and environmental quality in China[J]. Journal of Experimental Botany, 2012, 63(1): 13-24.

[5] Takada Y, Tatsuo S, Tsuboi K, et al. Slow release oxamide fertilizer: US5152822[P]. 1992-10-06.

[6] Rubio J L, Hauck R D. Uptake and use patterns of nitrogen from urea, oxamide, and isobutylidene diurea by rice plants[J]. Plant and Soil, 1986, 94(1): 109-123.

[7] 赵当梅. 新型长效氮肥——草酰胺[J]. 辽宁化工, 1990(3): 17.

[8] 陈貽盾. 新型氮肥草酰胺及其合成[J]. 化学通报, 1984(9): 35-38.

[9] Riemenschneider W, Peter W. Process for the preparation of oxamide: US3989753[P]. 1976-11-02.

[10] Messina G, Sechi G M, Micheli S D. Production in continuous of

oxamide for the catalytic oxidation of HCN: US5548158[P]. 1996-08-20.

[11] 郇志文. 草酰胺缓释肥对大田作物的影响[D]. 南京:南京农业大学, 2015: 15-19.

[12] 沈文忠, 张绪美. 草酰胺缓释肥应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2015(6): 220.

[13] 卜东升, 王立军, 奉文贵, 等. 缓释氮肥草酰胺在滴灌红枣上施用效果试验[J]. 农村科技, 2014(11): 28-29.

[14] 胡玉容, 王 科, 李 扬, 等. 新型缓释氮肥草酰胺[J]. 化工技术与开发, 2012, 41(10): 31-33.

[15] 常庆涛, 刘荣甫, 戴永发, 等. 氮磷钾复合肥不同用量对春荞麦生长发育及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2014(1): 31-32.

[16] 张卫中, 姚满生, 阎建宾. 不同肥料配比对荞麦生长发育及产量影响的对比研究[J]. 杂粮作物, 2008, 28(1): 52-54.

水分的时空分异特征进行了大量研究<sup>[9-14]</sup>,但是对宁南黄土丘陵区弃耕撂荒梯田演替过程中土壤水分物理特征的研究鲜有报道。近年来,随着我国城乡一体化建设和移民搬迁等工程的实施,农村耕地出现了不同程度的弃耕撂荒现象。在宁南黄土丘陵区,弃耕撂荒地面积约占土地面积的 6%,弃耕撂荒地作为一种重要的土地资源,对其进行植被恢复和重建,将有助于提高土地生产力,减缓水土流失,对生态环境的改善有着重要的实践意义。因此,充分认识不同土地利用条件下的土壤水分状况及其变化规律是科学利用土地资源的前提<sup>[15]</sup>。

本研究通过探讨宁南黄土丘陵区不同撂荒年限梯田土壤水分的时空变化规律,分析不同年限撂荒梯田土壤含水量的月动态、垂直动态,并结合土壤容重的空间变异,探索撂荒梯田在自然恢复过程中土壤物理性质对撂荒演替的响应,以期为宁南黄土丘陵区撂荒地的可持续利用和生态恢复提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于宁夏固原市彭阳县东北 13 km 处的白阳镇中庄村(106°41′~106°45′E,35°51′~35°55′N),该村总面积为 16.5 km<sup>2</sup>,耕地面积为 1 076 hm<sup>2</sup>,地貌类型属于黄土高原腹

部梁峁丘陵区,地形破碎,地面倾斜度大,平均海拔在 1 600~1 700 m 之间,年平均气温为 7.6℃,≥10℃的积温为 2 200~2 750℃,境内年蒸发量较大,干燥度为 3.58,无霜期为 140~160 d。降水是雨水资源量的决定因素,研究区多年平均年降水量为 475 mm,降水量集中且年内分配不均,降水量集中月份的降水常以暴雨形式出现,易发生局地暴雨洪水。研究区以普通黑垆土为典型土壤类型,土壤母质为黄土及黄土状物,pH 值在 8.0~8.5 之间,土层深厚,土质疏松。植被类型以草原植被为基础,生长有长芝草(*Stipa bungeana* Trin.)、角蒿(*Incaroillea sinensis* Lam.)、星毛委陵菜(*Potentilla acaulis* L.)等;另外还有中生和旱中生的落叶阔叶灌丛、落叶阔叶林、草甸。人工植被以山桃(*Prunus davidiana* Franch.)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)、山杏(*Prunus armeniaca*)等为主。

1.2 研究方法

1.2.1 样地选择 在野外全面踏查的基础上,根据植物群落组成、结构和对当地居民的访问调查结果,在保证样地黄土母质相同的情况下,本试验选取 5 块无人干扰或人为干扰相对较少且立地条件相似的不同撂荒年限样地进行土壤水文物理特性测定,撂荒年限分别为 2、5、10、17、20 年。样地基本情况见表 1。

表 1 样地基本情况

撂荒年限 (年)	经度(°E)	纬度(°N)	海拔 (m)	坡度 (°)	坡向	主要群落类型
2	106.721035	35.953117	1 585	0	半阳坡	猪毛菜+狗尾草+猪毛蒿
5	106.717647	35.955781	1 682	0	半阳坡	赖草、猪毛蒿+硬质早熟禾
10	106.715743	35.952995	1 677	0	半阳坡	猪毛蒿、长芒草+达乌里胡枝子
17	106.721339	35.942355	1 614	0	半阳坡	长芒草、长芒草+达乌里胡枝子
20	106.716775	35.954221	1 682	0	半阳坡	长芒草、赖草+硬质早熟禾

1.2.2 土壤含水量测定 于 2017 年 5—9 月,采用德国产时域反射仪(time domain reflectometry,TDR)对土壤含水量进行定位测定,测定深度为 0~100 cm,每 20 cm 取 1 层,共 5 层,各样地设 3 次重复,最后取平均值。

1.2.3 土壤容重、总孔隙度等测定 2017 年 5 月对土壤容重、土壤持水量、总孔隙度等指标采用环刀-浸泡法进行测定,取样深度为 0~30 cm,每 10 cm 取 1 层,各样地设 3 次重复,最后取平均值。

1.3 数据处理与分析

采用 Excel 2016 进行数据处理,用 DPS 16.05 统计分析软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 研究区降水特征

降水作为宁南山区土壤水分的唯一来源,是土壤水分变化的决定性因素。当年生长季的降水量及其分配是影响人工林地土壤水分季节变化趋势的主导因子,且上年降水量对其也有一定影响<sup>[16]</sup>。

从图 1 可以看出,1—9 月降水量月际分配十分不均匀,降水主要集中在植被生长旺季 6—8 月。生长季 5—9 月份降水总量 2016、2017 年分别为 318.7、331.6 mm,比生长季多年平均降水总量(342.6 mm)分别减少了 23.9、11.0 mm。其

中 2016 年 7 月降水量最多,达到了全年的最高值,为 110.9 mm,高于多年平均降水量 14.7 mm,其次是 6、5、4 月,降水量均高于多年平均值,而 8 月和 9 月降水量均低于多年平均值,尤其是 8 月降水量明显降低,比多年平均降水量减少了 59.7 mm;2017 年 8 月降水最多,达到 137.9 mm,高于多年平均降水量 36.8 mm,其次是 5 月,降水量为 76.6 mm,高于多年平均量 37.2 mm,6、7、9 月降水量均明显低于多年平均降水量,尤其是 9 月,比多年平均降水量减少了 33.0 mm。

2.2 不同年限撂荒梯田土壤含水量的季节变化

以 2017 年 5—9 月各层土壤含水量的平均值为研究对象,从图 2 可以明显看出,撂荒地土壤含水量的季节变化规律总体为 8 月>9 月>5 月>6 月>7 月,8 月的土壤含水量达到生长季 5—9 月份的峰值,平均值为 25.37%,这是因为 8 月降水充沛,土壤水分的补给量明显高于消耗量,另外虽然 9 月降水量非常少,但是植物生长到了末期,生长基本停止,此时的水分主要用于植物自身消耗和地面蒸发,相对于前期的生长旺季,土壤中贮存的水分相对较多,因此 8 月和 9 月土壤含水量上升并保持较高的水平。5、6 月土壤含水量比较接近,差异较小,平均值分别为 20.68%、20.45%,7 月的土壤含水量达到全年最低值,平均值为 16.06%。主要是因为 7 月的降水量较少,7—8 月的气温开始上升,植物处于生长旺季,降水的补给不能满足土壤水分消耗,因此土壤含水量较低。

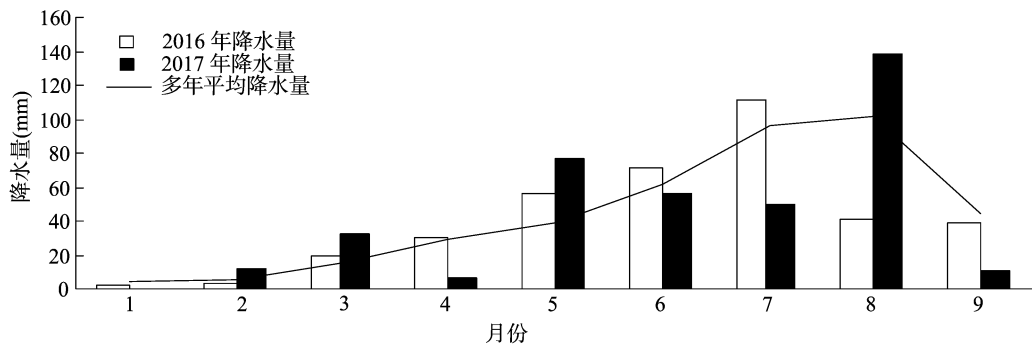


图1 2016—2017 年降水量的季节变化

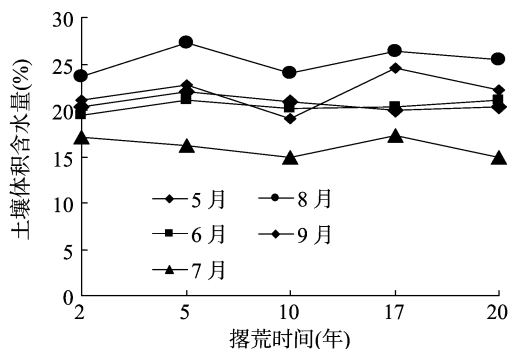


图2 土壤含水量的季节变化

不同年限撂荒地土壤水分季节变化趋势基本一致。在 0 ~ 100 cm 土层,土壤水分随撂荒年限变化的规律不是很明显,总体呈现波动变化趋势。

### 2.3 不同年限撂荒梯田土壤含水量的垂直动态变化

以 2017 年 5—9 月土壤水分含量为研究对象,逐月进行撂荒地演替过程中土壤含水量垂直变化规律研究。由图 3 可以明显看出,5、6、8 月 0 ~ 20、20 ~ 40 cm 土层土壤含水量变化趋势比较明显,尤其以 0 ~ 20 cm 变化最明显,该土层土壤含水量明显低于其他 4 层,在撂荒 10 年处土壤含水量达到最低值;7 月以 0 ~ 20、40 ~ 60 cm 土层土壤含水量变化趋势比较明显,其中 0 ~ 20 cm 土层的土壤含水量明显低于其他 4 层,该土层土壤含水量在撂荒 10 年处达到最低值;9 月以 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60 cm 土层土壤含水量变化趋势比较明显,尤其以 0 ~ 20 cm 变化最明显,除撂荒 2 年外,其他撂荒年限该土层的土壤含水量明显低于其他 4 层,而且在撂荒 10 年处达到最低值。总体说明 2017 年 5—9 月,不同年限撂荒地 0 ~ 100 cm 各土层土壤含水量曲线表现出不同的变化趋势,其中以 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60 cm 土层变化趋势比较明显,尤其以 0 ~ 20 cm 土层变化最明显,且均在撂荒 10 年处降到最低,之后随着撂荒年限的延长,土壤水分总体增加,60 ~ 80 cm 和 80 ~ 100 cm 土层间的土壤含水量变化曲线差异不大。这主要是由于 5—7 月降水量较少,植被正值生长初期和旺季,需水量多,表层(0 ~ 20 cm 土层)土壤水分消耗较多,导致土壤水分含量较少,8 月虽然降水充足,0 ~ 20、20 ~ 40 cm 土层土壤水分含量也明显升高,但是气温上升,植物生长茂盛,深层水分消耗较多,土壤水分没有及时得到补充,因此 8 月 80 ~ 100 cm 土层的土壤含水量也较低。9 月虽然植物已停止生长,但由于降水量较少,地表蒸发量较大,表层土壤水分含量较少。从土壤水分含量的季节变化可以看出,相同撂荒年限

不同土层土壤含水量的垂直分异在空间上变化规律不同,说明随着撂荒年限的逐渐增加,1 m 以内土壤含水量的变化趋势是不稳定的。

### 2.4 不同年限撂荒梯田土壤容重、总孔隙度和持水量的动态变化

土壤容重是土壤物理性质中随着撂荒演替年限的变化较为敏感的指标之一。土壤容重的大小与土壤质地、结构、有机质含量、土壤坚实度、耕作措施等有关,其数值可以作为土壤的肥力指标之一。土壤的容重愈小,表明土壤的结构性愈好,孔隙多,疏松,有利于土壤的气体交换和渗透性的提高。反之,土壤的容重愈大,表明结构性愈差,孔隙少,板结。

从表 2 可以看出,不同年限撂荒梯田的土壤容重在 1.04 ~ 1.48 g/cm<sup>3</sup> 之间变化。不同年限撂荒梯田对 0 ~ 30 cm 土层土壤容重有显著影响 ( $P < 0.05$ )。撂荒 2 年的样地,由于前期耕作措施对土壤结构的破坏作用远未消除,表层土壤结构松散,土壤容重较小。在撂荒 5 年时,0 ~ 10、10 ~ 20 cm 土层土壤容重已达到最大,之后随着撂荒年限的增加,表层(0 ~ 10 cm 土层)、中层(10 ~ 20 cm 土层)土壤容重显著降低,下层(20 ~ 30 cm 土层)土壤容重变化规律不是很明显。这可能是由于农地撂荒后上层土壤人为扰动减少,加之植物根系的网络串联作用和生物化学作用促进团粒的形成,使得土壤疏松、土壤孔隙度增加,从而使得土壤容重随着撂荒年限的增加显著下降。而根系对下层土壤影响较弱,土壤容重变化较小。0 ~ 10、10 ~ 20 cm 土层撂荒 17 年土壤容重略有上升,撂荒 20 年时,土壤容重又开始降低。在垂直剖面上,随着土层深度的增加,不同年限撂荒梯田的土壤容重总体呈现增加的趋势。因此撂荒演替使土壤容重呈减少趋势,土壤结构得到一定程度的恢复。

土壤孔隙度是决定土壤结构好坏的重要指标,对土壤的水分及养分可以起保护作用。由表 3 可以看出,土壤总孔隙度在 45.61% ~ 62.58% 之间变化。0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30 cm 土层的孔隙度变化趋势基本一致,随着撂荒年限的增加,总体呈现先降低后升高的趋势。不同年限撂荒地 0 ~ 30 cm 土层土壤总孔隙度的整体变化规律为 20 年 (56.94%) > 17 年 (54.03%) > 10 年 (53.77%) > 2 年 (53.72%) > 5 年 (48.38%)。在垂直剖面上,表土层(0 ~ 10 cm)的孔隙度明显偏高,0 ~ 20 cm 土层土壤总孔隙度基本随着土层深度的加深而减少。

土壤的持水性能决定着土体内可能贮存水量的多少,它包括饱和持水量(最大持水量)、毛管持水量和田间持水量。

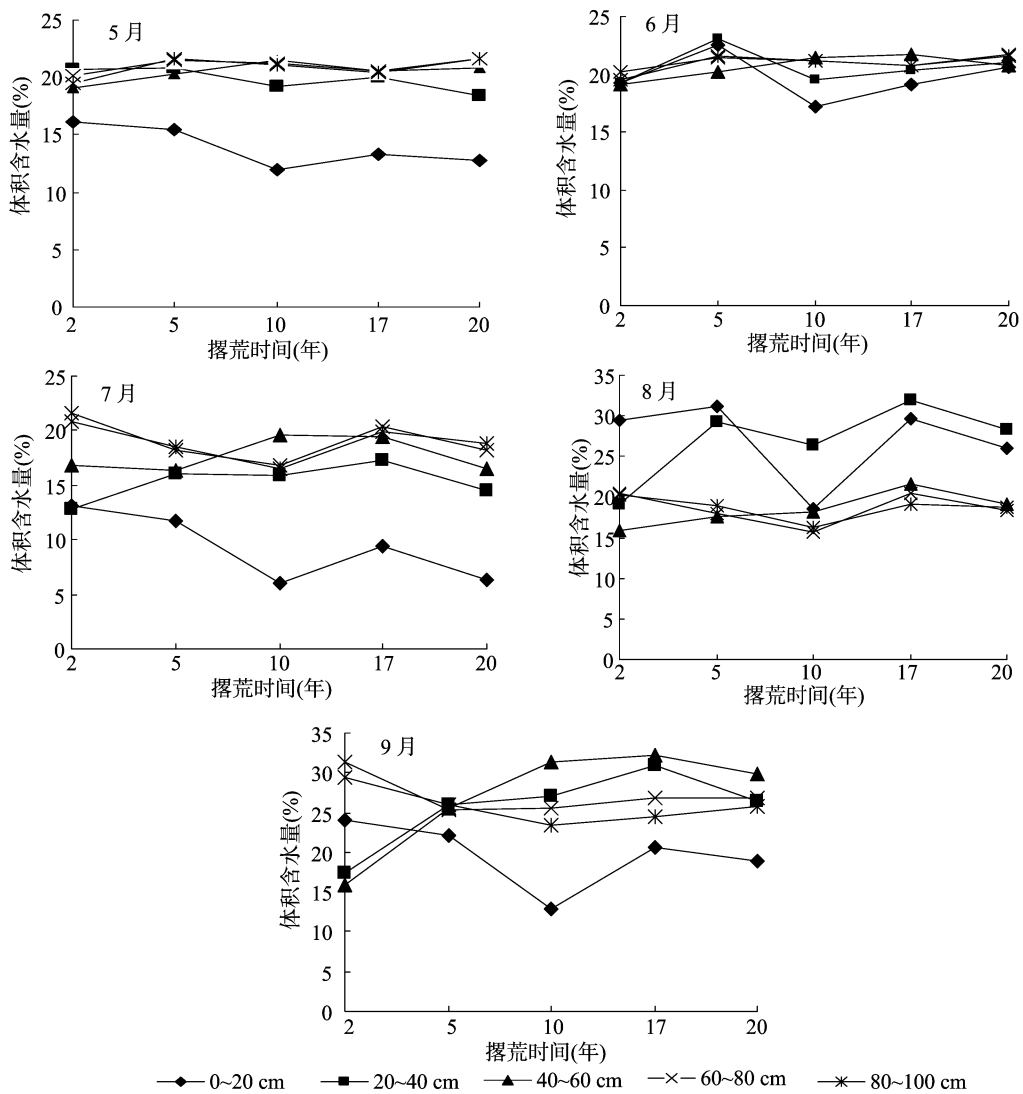


图3 土壤含水量的垂直动态

表 2 土壤容重变化差异

撂荒年限 (年)	容重(g/cm <sup>3</sup> )		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
2	1.05 ± 0.027cA	1.06 ± 0.100dA	1.21 ± 0.042cA
5	1.30 ± 0.079aB	1.48 ± 0.078aA	1.33 ± 0.018bB
10	1.12 ± 0.089bcB	1.21 ± 0.032bcB	1.46 ± 0.031aA
17	1.16 ± 0.048bB	1.26 ± 0.063bA	1.32 ± 0.017bA
20	1.04 ± 0.063cA	1.18 ± 0.071cdA	1.15 ± 0.069dA

注:表中同列数据后不同小写字母表示不同撂荒年限间差异显著( $P<0.05$ );同行数据后不同大写字母表示不同土层间差异极显著( $P<0.01$ )。下表同。

表 3 土壤总孔隙度变化差异

撂荒年限 (年)	总孔隙度(%)		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
2	55.37 ± 6.89bA	53.77 ± 3.36aA	52.02 ± 2.06bA
5	48.86 ± 1.82cA	45.61 ± 5.31bB	50.67 ± 1.85bcAB
10	59.50 ± 1.75abA	52.32 ± 1.86aB	49.50 ± 0.78cC
17	58.10 ± 1.66abA	51.86 ± 5.13aB	52.13 ± 2.94bAB
20	62.58 ± 2.32aA	52.74 ± 2.75aB	55.50 ± 1.59aB

其中毛管水是土壤中既能被土壤保持又能被植物利用的主要水分。由表 4 和表 5 可以看出,0~30 cm 各土层不同年限撂荒地土壤最大持水量和毛管持水量变化趋势基本是一致的,均总体随着撂荒年限的增加,呈现先降低后升高的趋势。土壤最大持水量在 31.01%~60.24% 之间变化,毛管持水量在 26.87%~39.74% 之间变化。不同年限撂荒地 0~30 cm 土层土壤最大持水量的整体变化规律为 20 年(51.33%)>2 年(46.01%)>17 年(43.95%)>10 年(43.52%)>5 年(35.66%)。毛管持水量的整体变化规律为 20 年(38.00%)>17 年(35.07%)>2 年(34.32%)>10 年(33.20%)>5 年(29.75%)。在垂直剖面上,表土层(0~10 cm)的最大持水量和毛管持水量总体明显偏高,整个土层(0~30 cm)土壤最大持水量和毛管持水量基本随着土层深度的加深呈现减少的趋势。

3 结论与讨论

降水是宁南黄土区自然植被被土壤水分的唯一来源,土壤含水量随降水的变化而变化。根据对 2016—2017 年降水数据和多年平均降水数据分析可以看出,降水主要集中在植物

表 4 土壤最大持水量变化差异

撂荒年限 (年)	最大持水量(%)		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
2	48.04 ± 11.53bA	46.87 ± 7.29aA	43.11 ± 3.13bA
5	37.72 ± 5.66cAB	31.01 ± 3.79bB	38.25 ± 1.65cA
10	53.29 ± 5.50abA	43.36 ± 2.61aB	33.91 ± 0.75dC
17	50.36 ± 3.33bA	42.13 ± 4.85aB	39.37 ± 2.60cB
20	60.24 ± 5.56aA	45.47 ± 4.67aB	48.27 ± 3.81aB

表 5 土壤毛管持水量变化差异

撂荒年限 (年)	毛管持水量(%)		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
2	33.28 ± 3.03cA	34.67 ± 2.42aA	35.01 ± 1.61bA
5	29.47 ± 1.77dB	26.87 ± 2.26bB	32.90 ± 1.05cA
10	37.07 ± 0.86bA	33.87 ± 0.88aB	28.65 ± 0.75dC
17	36.89 ± 0.62bA	34.43 ± 2.66aA	33.90 ± 2.19bcA
20	39.74 ± 2.26aA	35.23 ± 2.72aB	39.04 ± 1.74aA

生长旺季 6—8 月,而且降水的季节分配极为不均,2017 年全年降水的峰值出现在 8 月。通过对 2017 年 5—9 月土壤水分的分析发现,不同撂荒年限梯田土壤水分季节变化趋势基本一致,土壤含水量的变化趋势总体表现为 8 月 > 9 月 > 5 月 > 6 月 > 7 月。土壤含水量的季节变化主要受年内降水量以及植被所处的不同时期所决定。土壤水分随撂荒年限的变化规律不明显,总体呈波动变化趋势。

随着撂荒演替的进行,不同撂荒年限梯田各土层之间的土壤含水量变化曲线表现出不同的趋势,其中 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤含水量变化活跃,尤其是 0~20 cm 土层更为突出,均在撂荒 10 年处降到最低,之后随着撂荒年限的延长,土壤水分含量总体增加。0~100 cm 土层,随着土层深度的加深,土壤含水量的变化不规律。郝文芳等研究也表明,土壤表层水分易受环境变化的影响,深层水分相对稳定<sup>[17]</sup>。韩仕峰等将土壤剖面水分分布划分为速变层、活跃层、次活动层和相对稳定层 4 个层次,土壤水分速变层处于 0~20 cm 土层范围内,该层完全受气象条件制约,活跃层一般处于 20~100 cm 土层范围内,干湿变化幅度大,根系分布密集,水分利用快且多<sup>[18]</sup>。由于在本研究区,取样深度为 0~100 cm 土层,植被的根系主要集中 0~100 cm 土层范围内,基本上处于水分的速变层和活跃层,水分的变化除了受降水、植物自身消耗影响外,也受到大气湿度等的影响,因此土壤水分含量变化较大。

土壤物理性质通过对土壤湿度、温度、通气性等的作用,显著影响植被的生长和分布,进而影响群落演替。通过 2017 年的研究发现,土壤容重、土壤总孔隙度和持水量的变化与土壤含水量不同,随着撂荒演替,土壤容重总体呈减少趋势,土壤总孔隙度、土壤最大持水量和毛管持水量呈升高的趋势,土壤结构得到一定程度的改善。在植被恢复过程中,土壤容重是土壤物理性质中随着撂荒演替年限的变化较为敏感的指标之一,土壤容重的改变对植物根系活动、土壤呼吸等都有促进作用,进而促进植被的正向演替。

植物群落的演替是一个漫长的过程,在本研究中,土壤含水量随着撂荒演替的进行,恢复效果不是很明显,主要是由于群落生活型的改变使得后期撂荒地植物群落水分消耗较多,其次降水量的差异也是影响土壤水分含量的主要因素。在黄土区,自然植被在现有的生态环境下演替缓慢,所以撂荒地土壤水分生态环境的改善是一个漫长的过程,另外,本研究中样地撂荒年限较短,所得研究结果仅是一个阶段性的初步探讨,关于群落演替的土壤发展还需进一步研究,同时也希望本研究能为宁南黄土区撂荒地植被恢复提供一定的参考,进而促进植被生态环境的进一步改善。

#### 参考文献:

- [1] 陈洪松,邵明安. 黄土区坡地土壤水分运动与转化机理研究进展[J]. 水科学进展,2003,14(4):513-520.
- [2] 王 俊,刘文兆,胡梦珺. 黄土丘陵区小流域土壤水分时空变异[J]. 应用生态学报,2008,19(6):1241-1247.
- [3] 张 超,王会肖. 黄土高原丘陵沟壑区土壤水分变化规律的研究[J]. 中国生态农业学报,2004,12(3):47-50.
- [4] 郭 彪,王尚义,牛俊杰,等. 晋西北不同植被类型土壤水分时空变化特征[J]. 水土保持通报,2015,35(1):267-273.
- [5] 李小英,段争虎. 黄土高原土壤水分与植被相互作用研究进展[J]. 土壤通报,2012,43(6):1508-1514.
- [6] 李洪建,王孟本,柴宝峰. 晋西北人工林土壤水分特点与降水关系研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(4):60-65.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京:科学出版社,1978.
- [8] 郝文芳. 陕北黄土丘陵区撂荒地恢复演替的生态学过程及机理研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [9] 王 健. 陕北黄土高原土壤水库动态特征的评价与模拟[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [10] 王云强,张兴昌,从 伟,等. 黄土区不同土地利用方式坡面土壤含水率的空间异质性研究[J]. 农业工程学报,2006,22(12):65-71.
- [11] 胡 伟,邵明安,王全九. 黄土高原退耕坡地土壤水分空间异质性研究[J]. 水科学进展,2006,17(1):74-81.
- [12] 宁 婷,郭忠升. 半干旱黄土丘陵区撂荒地土壤水分循环特征[J]. 生态学报,2015,35(15):5168-5174.
- [13] 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.
- [14] 艾 宁,强方方,朱清科,等. 半干旱黄土丘陵区雨季土壤水分动态分析[J]. 土壤通报,2017,48(2):326-334.
- [15] 张北赢,徐学选,白晓华. 黄土丘陵区不同土地利用方式下土壤水分分析[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(2):96-99.
- [16] 马玉玺,杨文治,杨新民. 陕北黄土丘陵沟壑区刺槐林水分生态条件及生产力研究[J]. 水土保持通报,1990,10(6):71-77.
- [17] 郝文芳,韩蕊莲,单长卷,等. 黄土高原不同立地条件下人工刺槐林土壤水分变化规律研究[J]. 西北植物学报,2003,23(6):964-968.
- [18] 韩仕峰,李玉山,张孝中,等. 黄土高原地区土壤水分区域动态特征[J]. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊(黄土高原区域治理技术体系与效益评价专集),1989(1):161-167.