

铺设地膜条件下梭梭土壤水分的动态变化

王英, 王军德, 张育斌, 秦力

(甘肃省水利科学研究院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: [目的] 揭示铺设地膜条件下梭梭土壤水分变化特征, 为河西走廊沙漠化防治提供技术支撑。[方法] 针对甘肃省民勤县沙生植物梭梭, 在周围设置麦草方格, 并布设 4 种不同厚度的高密度聚乙烯 (HDPE) 地膜处理和 1 种未覆膜的对照处理, 对 5 种处理梭梭进行土壤含水量观测试验, 分析梭梭的土壤含水量变化。[结果] 梭梭土壤含水量与季节降雨变化保持一致, 40 cm 深度以上土壤含水量受降雨量影响波动较大, 布设有白膜、黑膜和棚膜梭梭的土壤含水量高于未覆膜的对照区梭梭和农膜梭梭土壤的含水量; 且一年生育期内, 铺设白膜梭梭的土壤储水量始终处于最高值, 耗水量最大。[结论] 白膜保水性能最好, 可以有效防止土壤水分蒸发损失, 提高蓄水保墒能力。

关键词: 沙生植物; 雨水; 地膜; 土壤水分; 梭梭; 河西走廊

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2022)06-0176-06

中图分类号: S152.7⁺5, S278

文献参数: 王英, 王军德, 张育斌, 等. 铺设地膜条件下梭梭土壤水分的动态变化[J]. 水土保持通报, 2022, 42(6): 176-181. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.06.022; Wang Ying, Wang Junde, Zhang Yubin, et al. Soil moisture dynamics of *Haloxylon ammodendron* under mulching conditions [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(6): 176-181.

Soil Moisture Dynamics of *Haloxylon Ammodendron* Under Mulching Conditions

Wang Ying, Wang Junde, Zhang Yubin, Qin Li

(Gansu Academy for Water Conservancy, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: [Objective] The characteristics of soil water variation of *Haloxylon ammodendron* grown under plastic film mulch were determined in order to provide technical support for desertification control in the Hexi Corridor. [Methods] Based on the psammophyte *Haloxylon ammodendron* of Minqin County in Gansu Province, wheat grass squares were set around *Haloxylon ammodendron*, and treatments of four kinds of high density polyethylene (HDPE) film mulch with different thicknesses and one control treatment without film were arranged. Soil water content was measured and subjected to statistical analysis. [Results] The soil water content of *Haloxylon ammodendron* was varied with seasonal rainfall. The soil water content above the 40 cm depth fluctuated greatly under the influence of rainfall. The soil water contents of *Haloxylon ammodendron* with white film, black film, and shed film were greater than the control treatment without film and the farmland film. During the one-year growing period, the soil water storage was always at the highest and the water consumption was the largest. [Conclusion] The white film had the best water retention performance, and could effectively prevent soil water evaporation and improve water storage ability and moisture conservation.

Keywords: psammophyte; rainwater; mulch; soil moisture; *Haloxylon ammodendron*; Hexi Corridor

土壤水分作为荒漠植被发育最主要的制约因子, 影响沙地植物的生长状况^[1], 植被覆盖也影响着土壤水分的含量及其分布^[2]。分析沙生植物的水分动态

时空分布特征对荒漠过渡带植被建设具有重要意义^[3-5]。Schlesinger 等^[6]研究表明, 干旱区植物通过特有的土壤水分吸收机制来响应土壤水分的空间异

收稿日期: 2022-02-03

修回日期: 2022-05-13

资助项目: 甘肃省水利科研及技术推广项目“甘肃省水利生态补偿机制研究”(甘水建管发[2021]71号); 甘肃省水利科研及技术推广项目(甘水建管发[2019]69号); 甘肃省属院所科研创新能力建设(21JR7RA765)

第一作者: 王英(1983—), 女(汉族), 内蒙古自治区商都县人, 硕士, 高级工程师, 主要从事雨水积蓄利用、水生态修复方面的研究。Email: 275641852@qq.com。

质性,同时也对土壤水分的空间分布产生重要影响。郭泉水等^[7]认为沙区土壤水分的时空动态决定着生态系统的格局和演变,而生态系统演变又不断改变着沙地水文过程。民勤县地处河西走廊东北部,被巴丹吉林和腾格里两大沙漠所包围,属荒漠过渡带。梭梭作为民勤县的主要固沙植物,其生长发育很大程度上受制于土壤水分条件^[8],存活率低,生长缓慢。目前研究多采用机械沙障与种植沙生植物梭梭,骆驼刺等,起到防风固沙和恢复生态的作用^[9],常用的机械沙障有塑料网沙障、麦草沙障、覆袋沙障、黏土沙障、玉米秆沙障、生态垫沙障等,苏永德等^[10]研究了生态垫和覆袋沙障对梭梭林冠下土壤含水量的影响;安富博等^[11]通过固沙植物材料选育和新型机械沙障的研制开展民勤防沙治沙新技术、新材料研究,研究表明棉秆沙障具有良好的防风固沙效果。刘江等^[12]研究了窄条纱网沙障和保水凝水剂对梭梭造林成效的影响,各种沙障制作材料和布设形式的不同,表现出来的防风固沙效益也各不相同^[13-15]。大部分研究认为沙障材料可以保持水分、起到防风固沙,进而影响梭梭根系对水分的吸收,但是通过铺设地膜降低梭梭水分蒸发损失,提高蓄水保墒能力的研究较少。为此,本文在梭梭周围设置麦草方格的基础上,布设4种不同厚度的高密度聚乙烯(HDPE)地膜,对5种处理梭梭进行土壤含水量观测,通过试验旨在选择保水性能好的地膜材料,来减少梭梭土壤水分蒸发,增强保水保墒能力,为河西走廊沙漠化防治提供技术支撑。

1 研究地区及试验布置

1.1 研究区

本试验选择民勤县城以北13.5 km处的大滩乡东大村为试验基地,民勤县地处河西走廊东北部、石羊河流域下游,被巴丹吉林和腾格里两大沙漠包围,代表了我国北方干旱典型脆弱区,降水稀少,多年平均降水量为113.2 mm,蒸发量为2 675.6 mm,试验区地下埋深20 m。根据气象资料统计,民勤地区的干旱指数为24,具有明显的沙漠气候特征。梭梭适应旱生环境,具有非常强的抗旱特性,在民勤地区是典型的抗旱沙生植物。

1.2 试验设计

本试验选择1 a生梭梭为试验对象,苗高20 cm,主根长30 cm,根幅30 cm。采用普通麦草围成的沙障网格作为沙面材料,麦草沙障高度为15 cm,沙障网格为1 m×1 m,网格内铺设高密度聚乙烯塑料膜。分别选择0.3 mm的白色PE土工膜,0.03 mm的农用膜,0.2 mm的黑色PE土工膜,0.12 mm的棚膜,

规格为1 m×1 m;植物种植处预留直径为20 cm的圆孔,铺设时四周高,并以2%坡度流向至中央圆孔处,试验设置5种处理,每种处理3次重复。4种覆膜处理,1种未覆膜的对照处理。

2 试验方法

采用TRIME-PICOIPH2TDR剖面土壤水分测量系统测定5种处理梭梭土壤体积含水量,测试深度为0—100 cm,每隔20 cm设定一个土壤剖面,共5个土壤层。每7 d观测一次,同时对降雨后的梭梭土壤含水量进行连续3 d观测,降雨量的测定采用气象观测系统,测量时间在降雨天的8:00和20:00。采用Origin 2017和Excel 2016进行数据统计分析,采用SPSS 26进行数据的方差相关性分析。

$$\text{土壤储水量(mm)} = \sum_{i=1}^n \Delta\theta_i \cdot Z_i \quad (1)$$

式中: $\Delta\theta_i$ 为土壤某层的体积含水量; Z_i 为土壤层厚度; i 为土壤层次。

对于旱作物,在整个生育期中任何一个时段的水量平衡方程为:

$$\Delta W = W_r + P_0 + K + M - ET \quad (2)$$

式中: ΔW 为任一时间段 t 的储水量(mm); W_r 为由于 H 增加而增加的水量(mm); P_0 为保存在 H 内的有效降雨量(mm); K 为时段 t 内的地下水补给量(mm); M 为时段 t 内的灌溉水量(mm); ET 为时段 t 内的田间需水量。

5种处理土壤含水量分析是在同一土壤层深度, H 在时段内无变化, W_r 不存在;由于试验区地下水埋深20 m,对于1 a生梭梭补给可能性很小,因此时段内地下水补给量 K 可忽略;试验期末对梭梭进行灌溉,因此时段内的灌溉水量 M 为0,因此,本研究的水量平衡方程的计算公式为:

$$\Delta W = P_0 - ET \quad (3)$$

式中: ΔW 为时段时间 t 的土壤储水量变化; P_0 为保存在 H 内的有效降雨量; ET 为时段 t 的田间需水量(mm)。

3 覆膜对梭梭土壤水分动态影响

3.1 5种处理梭梭土壤水分特征对比分析

试验基地2019年降雨量情况如图1所示。降雨集中在夏秋季的5—10月,春冬季降雨较少。最大的降雨量17.1 mm出现在2019年9月8日。对5种处理梭梭从2019年2—12月测定土壤体积含水量,同一土壤层梭梭体积含水量随时间变化对比降雨量分析结果如图2所示。分析可知,梭梭土壤含水量随着

季节降雨波动变化而变化,夏秋季土壤含水量高,冬春季土壤含水量逐渐趋于平缓。表层土壤 20 cm 深度,土壤含水量受降雨影响变化最明显,属于土壤水分速变层,与刘娇^[16]的研究成果一致。40 cm 深度土壤含水量变化较明显,说明 0—40 cm 土壤含水量受降雨影响较大;这与陈宏祥等^[17]研究成果相符合,即雨季对梭梭土壤水分的影响主要集中在水分活跃层。8 月下旬试验基地久未下雨,出现极度干旱状态,受干旱胁迫梭梭土壤含水量呈现最低状态。9 月 8 日降雨量为一年日降雨量最大值,5 种处理梭梭土壤含水量随之变化最大,20 cm 土层深度土壤含水量受其影响显著。

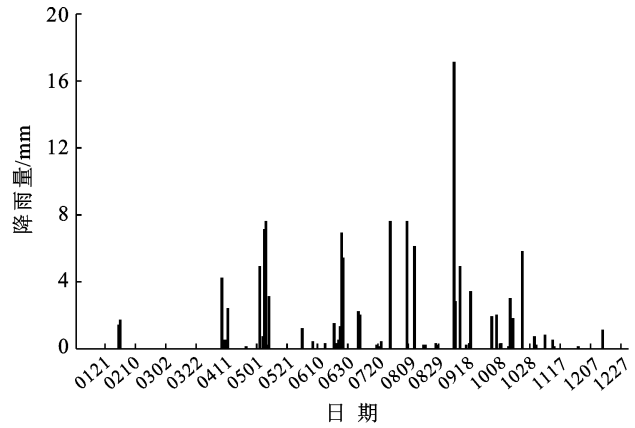


图 1 试验基地 2019 年 1—12 月降雨量

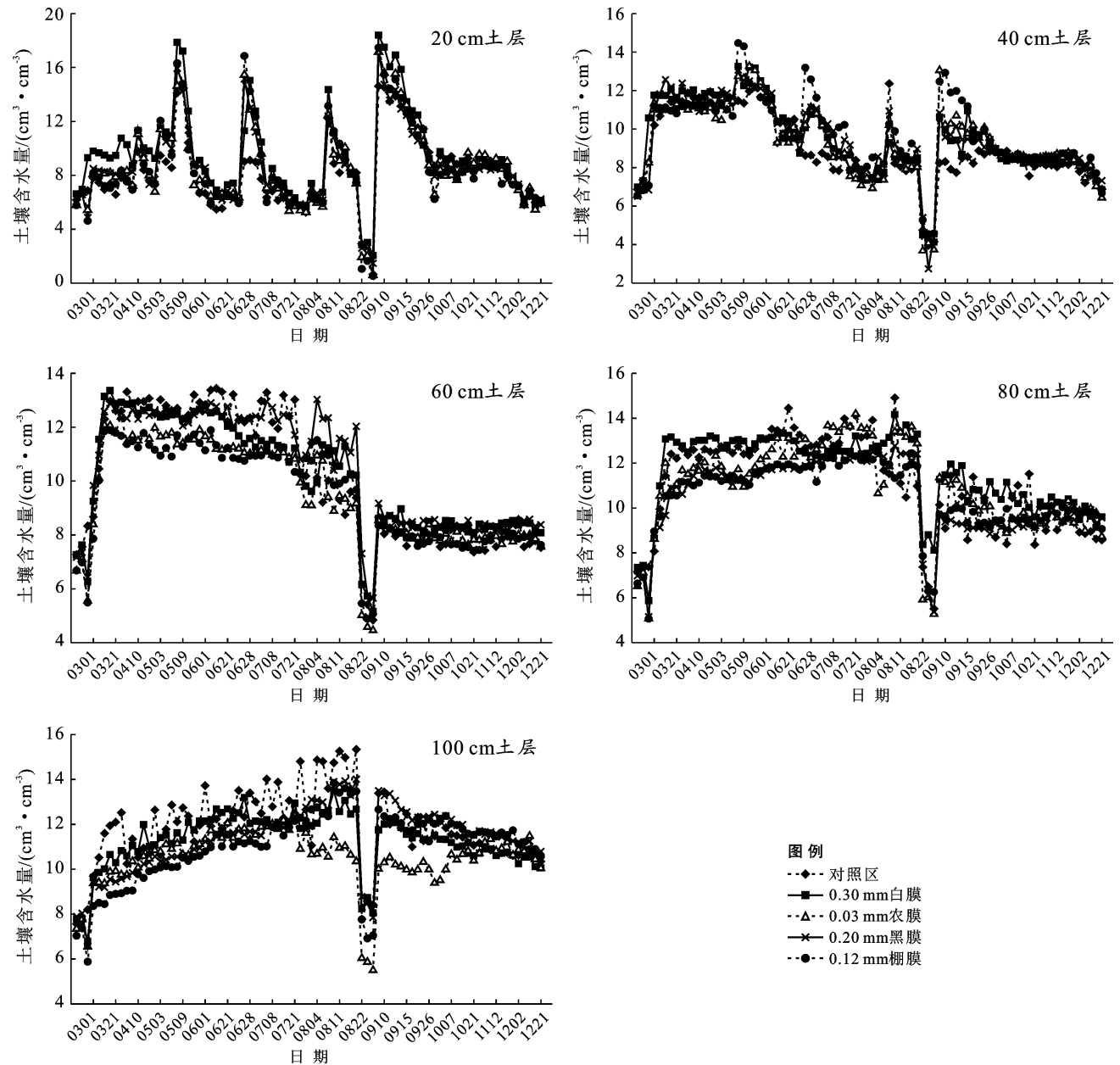


图 2 不同土层深度 5 种处理梭梭林下土壤含水量动态变化

3.2 5 种处理梭梭土壤含水量相关性分析

通过对 5 种处理在 20, 40, 60, 80 和 100 cm 深度的土壤含水量数据进行单因素相关性分析, 结果详见表 1。20 cm 土层深度, 白膜梭梭土壤含水量与对照梭梭土壤含水量呈显著性相关; 其余处理间土壤含水量均不呈现明显相关性; 40 cm 土层深度, 棚膜梭梭土壤含水量与对照梭梭呈显著性强相关, 黑膜梭梭土壤含水量与对照梭梭呈显著性弱相关, 其余处理间均不呈现明显相关性; 60—100 cm 土层深度, 5 种处理间呈多个显著性相关关系, 说明 40 cm 土层深度以上, 铺设地膜对梭梭土壤含水量的影响最显著。

表 1 不同土层深度 5 种处理梭梭林下土壤含水量的相关性分析

土层深度	因子	对照	白膜	农膜	黑膜	棚膜
20 cm	对照	1.000	0.010	0.416	0.348	0.507
	白膜		1.000	0.091	0.096	0.078
	农膜			1.000	0.930	0.906
	黑膜				1.000	0.836
	棚膜					1.000
40 cm	对照	1.000	0.089	0.243	0.043	0.012
	白膜		1.000	0.603	0.778	0.424
	农膜			1.000	0.417	0.187
	黑膜				1.000	0.594
	棚膜					1.000
60 cm	对照	1.000	0.923	0.063	0.363	0.042
	白膜		1.000	0.032	0.374	0.033
	农膜			1.000	0.003	0.959
	黑膜				1.000	0.003
	棚膜					1.000
80 cm	对照	1.000	0.113	0.644	0.035	0.032
	白膜		1.000	0.034	0.000	0.000
	农膜			1.000	0.098	0.093
	黑膜				1.000	0.965
	棚膜					1.000
100 cm	对照	1.000	0.014	0.000	0.042	0.001
	白膜		1.000	0.000	0.756	0.161
	农膜			1.000	0.000	0.036
	黑膜				1.000	0.114
	棚膜					1.000

注: $p < 0.05$ 显著性水平。

3.3 降雨前后不同处理的土壤水分特征分析

2019 年 9 月 8 日, 试验基地降雨 17.1 mm, 对降雨前 9 月 1 日、降雨后 9 月 9—11 日的梭梭土壤体积含水量进行分析。由图 3 观测分析结果可知, 5 种处理中, 降雨前梭梭已经处于极度干旱状态, 5 层土壤含水量逐层增加。

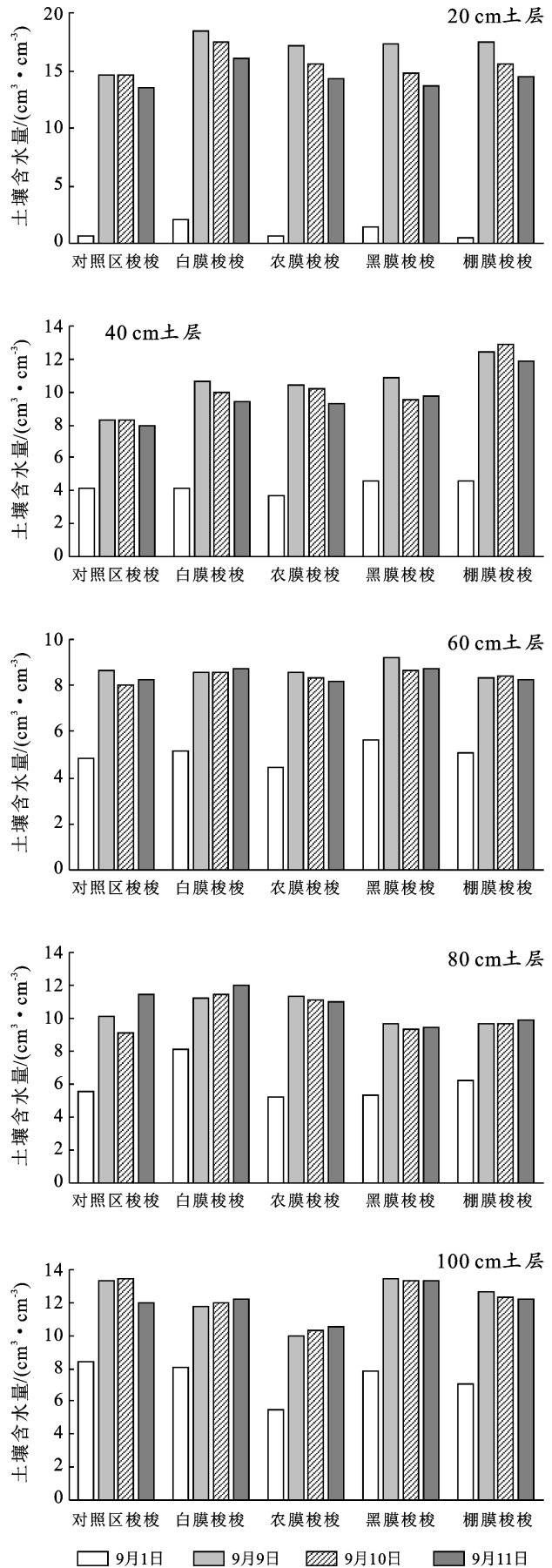


图 3 降雨前后不同土层深度 5 种处理梭梭林下土壤含水量

不同处理梭梭土壤含水量表现出不同的差异性, 20 cm 土层深度, 土壤含水量依次顺序为: 白膜梭梭 > 黑膜梭梭 > 棚膜梭梭 > 对照区梭梭 > 农膜梭梭; 40 cm 土层深度, 棚膜梭梭土壤含水量最高; 60 cm 土层深度, 黑膜梭梭土壤含水量最高; 80 cm 土层深度, 白膜梭梭土壤含水量最高, 是对照区土壤含水量的 32%, 但 100 cm 土层深度, 对照区梭梭土壤含水量和覆膜梭梭的土壤含水量差距不大, 说明地膜对梭梭的影响为 80 cm 以上的土层深度。降雨后, 雨水很快积蓄在梭梭根部, 土壤含水量受降雨影响迅速上升, 随着雨水逐渐下渗到深层土壤及植物蒸腾蒸发作用, 表层土壤含水量逐渐下降。20 cm 深度, 梭梭土壤含水量增加幅度最大, 受降雨影响程度最大, 表现为: 白膜梭梭 > 棚膜梭梭 > 黑膜梭梭 > 农膜梭梭 > 对照区梭梭; 白膜梭梭比对照区梭梭土壤含水量高 26%; 40 cm 土层深度, 棚膜梭梭土壤含水量最高, 对照区梭梭土壤含水量最低; 60—100 cm 土层深度, 梭梭土壤含水量随降雨变化有所增加, 变化特征与降雨前 60—100 cm 深度土壤含水量一致; 由此说明, 布设白膜、黑膜和棚膜梭梭的土壤含水量高于未覆膜的对照区和农膜梭梭的土壤含水量, 说明布设地膜对梭梭起到了良好的集雨保水效果。布设 0.03 mm 农膜梭梭土壤含水量低于对照区未覆膜梭梭, 是由于农膜厚度薄、水汽穿透性高, 导致对膜下土壤温度影响大, 水分蒸发强度高而造成农膜梭梭的土壤含水量低。

3.4 生长周期内 5 种处理梭梭的土壤水分变化

梭梭的生长期分为返青、展叶、开花、新枝形成、果实成熟及黄枯 6 个时期, 根据民勤地区梭梭物候期

规律^[18], 计算分析 5 种处理梭梭一个生长周期内的土壤储水量。由图 4 可知, 储水量的变化与降雨在年内的分布相吻合。以开花时 5 月 8 日为界分为 2 个阶段, 开花前由于降雨土壤储水量达到了峰值, 对梭梭开花时水分供给十分有利, 梭梭的耗水作用使土壤储水量在整个生长阶段呈减少趋势, 在果实成熟期达到了极低值。在一年的生育期内, 铺设白膜梭梭的土壤储水量始终处于最高值, 黑膜梭梭次之。

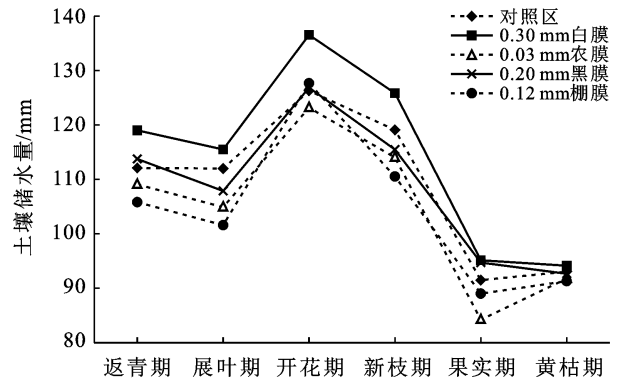


图 4 梭梭生育期内的林下土壤储水量

以 1 m 土层厚度为蒸散作用层, 有效降雨量为单次降雨量大于 5 mm 的降雨量之和。按照水量平衡方程计算 5 种处理梭梭在一个生长周期内的蒸散量, 结果详见表 2。白膜梭梭全生育期的耗水量最大, 黑膜梭梭的耗水量次之。从生长情况来看, 白膜梭梭生长最好, 黑膜梭梭次之。说明铺设白膜和黑膜对梭梭土壤水库的影响显著, 白膜和黑膜的保水效果最好。

表 2 5 种处理梭梭的耗水量及生长情况

处理	返青时土壤储水量/mm	黄枯时土壤储水量/mm	储水量之差/mm	有效降雨量/mm	作物耗水量/mm	梭梭返青—黄枯生长高/cm
对照区	112.10	93.06	-19.04	81	100.04	24.70
白膜梭梭	119.02	94.14	-24.88	81	105.88	27.87
农膜梭梭	109.08	91.76	-17.32	81	98.32	23.73
黑膜梭梭	113.76	92.66	-21.10	81	102.10	26.20
棚膜梭梭	105.82	91.30	-14.52	81	95.52	19.63

4 结论

(1) 通过为期 1 a 的 5 种处理梭梭土壤含水量观测可以得出, 梭梭土壤含水量随着季节降雨呈现波动变化的状态, 40 cm 以上深度为土壤水分活跃层, 受降雨量影响较大; 降雨前后梭梭土壤含水量对比表明, 布设有白膜、黑膜和棚膜梭梭的土壤含水量高于未覆膜的对照区梭梭和农膜梭梭土壤含水量, 铺设地膜对梭梭起到了良好的蓄水保墒效果。布设农膜梭梭土壤含水量低于对照区未覆膜梭梭, 是由于农膜厚

度薄、水汽穿透性高, 导致对膜下土壤温度影响大, 水分蒸发强度高而造成。

(2) 5 种处理梭梭生长周期内耗水量和生长情况分析得出, 储水量的变化与降雨在年内的分布相吻合, 梭梭的耗水作用使土壤储水量在整个生长阶段呈减少趋势, 开花期处于峰值, 果实成熟期处于最低值, 铺设白膜梭梭的土壤储水量始终处于最高值, 且白膜梭梭的耗水量最大, 其次为黑膜梭梭。说明白膜和黑膜的布设能够起到蓄水保水和防止土壤水分蒸发的作用。

[参 考 文 献]

- [1] 朱海,胡顺军,刘翔,等.不同龄阶梭梭根区土壤水分时空变化特征[J].生态学报,2017,37(3):860-867.
- [2] 赵姚阳,刘文兆,濮励杰.梯田玉米土壤水分动态研究[J].水土保持通报,2005,25(6):1-4.
- [3] 刘发民,张应华,仵彦卿,等.黑河流域荒漠地区梭梭人工林地土壤水分动态研究[J].干旱区研究,2002,19(1):27-31.
- [4] 格日乐,高润红,徐利岗.库布齐沙漠人工梭梭林地土壤储水量动态变化及其水分平衡分析[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2010,31(3):125-129.
- [5] 张克海,胡广录,张钰佳,等.黑河中游荒漠绿洲过渡带梭梭根区土壤含水量分布特征及影响因素[J].西北林学院学报,2019,34(4):16-25.
- [6] Schlesinger W H, Ward T J, Anderson J. Nutrient losses in runoff from grassland and shrubland habitats in Southern New Mexico (I): Rainfall simulation experiments [J]. Biogeochemistry, 1999,45(1):21-34.
- [7] 郭泉水,王春玲,郭志华,等.我国现存梭梭荒漠植被地理分布及其斑块特征[J].林业科学,2005,41(5):2-7,219.
- [8] 杨艳凤,周宏飞,徐利岗,古尔班通古特沙漠原生梭梭根区土壤水分变化特征[J].应用生态学报,2011,22(7):1711-1716.
- [9] 朴起亨.几种不同材料机械沙障防风效应研究[D].北京:北京林业大学,2010.
- [10] 苏永德,马瑞,马彦军.生态垫和覆袋沙障对梭梭林冠下土壤含水量的影响[J].中国农学通报,2016,32(18):130-135.
- [11] 安富博,张锦春,纪永福.民勤防沙治沙新技术和新材料试验研究[J].湖北农业科学,2013,52(3):548-552.
- [12] 刘江,吕涛,张吉树.窄条纱网沙障和保水凝胶剂对梭梭造林成效的影响[J].内蒙古林业科技,2020,46(2):28-32.
- [13] 郭守平.不同固沙模式下土壤水分动态变化及预测研究[D].北京:中国农业科学院,2006.
- [14] 高承兵,李永兵,聂雪花,等.民勤流沙治理中机械沙障的防风固沙效益分析[J].甘肃林业科技,2010,35(3):36-43.
- [15] 马述宏,李积山.不同沙障的作用及对周围治沙的影响:以民勤县青土湖重点风沙口为例[J].安徽农业科技,2011,39(17):10415-10416,10541.
- [16] 刘娇.沙漠公路防护林咸水滴灌下土壤水分特征及植物响应[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [17] 陈宏祥,胡广录,赵晨宇.黑河中游荒漠绿洲过渡带固沙植被土壤水分的分布特征[J].西北林学院学报,2017,32(6):67-73.
- [18] 陈玲.民勤近年气温和降水对梭梭物候期的影响[J].农业与技术,2017,37(18):228-229.
- [19] 唐燕文.基于遥感生态指数的东江源流域生态环境质量评价[D].江西 赣州:江西理工大学,2021.
- [20] Chander G, Markham B L, Helder D L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM⁺, and EO-1 ALI sensors [J]. Remote Sensing of Environment, 2009, 113(5): 893-903.
- [21] 郭燕滨.典型热岛城市热环境效应的遥感动态监测与分析[D].福建 福州:福州大学,2015.
- [22] 王琳,徐涵秋.快速城市化下福州市的热环境变迁[J].同济大学学报:自然科学版,2017,45(9):1336-1344.
- [23] 徐涵秋.区域生态环境变化的遥感评价指数[J].中国环境科学,2013,33(5):889-897.
- [24] 钟欣呈,许泉立.基于 RSEI 模型的玉溪市生态环境变化监测与评价[J].水土保持研究,2021,28(4):350-357.
- [25] 张娟,文广超,王恩营,等.基于遥感生态指数的焦作市生态环境动态监测与评价[J].水土保持通报,2020,40(6):107-114.
- [26] 张立伟,张运,黄晨.皖江城市带近 20 a 生态环境变化遥感指数分析[J].长江流域资源与环境,2018,27(5):1061-1070.
- [27] 代云豪,管瑶,刘孟琴,等.1990—2020 年阿拉尔垦区生态环境质量动态监测与评价[J].水土保持通报,2022,42(2):122-128.
- [28] 任晨阳.长三角地区生态环境质量与城市化时空耦合协调特征分析[D].上海:上海师范大学,2021.
- [29] 郭方圆.湘潭县“三生”功能空间分异特征及影响因素分析[D].湖南 长沙:湖南师范大学,2021.
- [30] 高焕霖,张廷龙,樊华烨,等.基于地理探测器的杨凌示范区生态环境质量影响因素定量分析[J].西北林学院学报,2020,35(5):185-194.
- [31] 刘佳茹.2005—2018 年祁连山生态脆弱性遥感评价研究[D].甘肃 兰州:西北师范大学,2021.
- [32] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.

(上接第 154 页)