

土地利用格局对半干旱黄土区土壤水分的影响

费喜亮¹, 张新民^{1,2}, 邢贵², 景凌云¹

(1. 甘肃省水土保持科学研究所, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 半干旱黄土区不同土地利用的土壤水分效应是农业生产、植被恢复和土地合理利用的重要依据。通过对孙家岔流域不同土地利用格局实测土壤水分资料分析, 结果表明, 梯田区阴坡的土壤含水率高于阳坡; 梁峁顶区封闭荒地不同累积深度的土壤含水率均高于农地; 缓坡区($<15^\circ$)农地土壤平均含水率高于荒地; 灌木林地表层(0—80 cm)土壤含水率高于荒地, 而较深层(80—180 cm)低于荒地; 松树林地平均土壤含水率高于杏树林地。说明在半干旱黄土区, 梯田的保水效益最好; 杏树林相对于松树林耗水量更大, 不适宜在无灌溉条件的半干旱黄土区大面积种植; 柠条灌木林改善地表土壤水分状况的效应明显, 并且能充分利用较深层的土壤水分; 缓坡区种植农作物比荒地更有助于土壤水分的改善。

关键词: 半干旱; 黄土; 土地利用; 土壤水分

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0074-05

中图分类号: S157

Effects of Land Use Patterns on Soil Moisture in Semiarid Loess Region

FEI Xi-liang¹, ZHANG Xin-ming^{1,2}, XING Gui², JING Ling-yun¹

(1. Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730020, China)

Abstract: In the semiarid loess hilly region, the condition of soil moisture under different land use patterns is of importance to agricultural production, vegetation restoration and rational land use. Results from the analysis of soil moisture data under different land use patterns in Sunjiacha watershed show that soil water content on the north-facing slope was higher than the south-facing slope. Soil moisture contents at different depths in the enclosed land of the hill top zone were higher than farmland. The average moisture content in farmland of the gentle slope zone($<15^\circ$) was higher than the abandoned field. Soil moisture content of surface layer(0—80 cm) in shrub land was higher than the abandoned field, but of the deeper layer(80—180 cm), was lower than barren slope. The average soil water content in pine woodland was higher than apricot forest. These indicated that in the semiarid loess hilly region, terrace's water conservation benefit is the best; apricot forest has higher water consumption than pine woodland and thus, is not suitable for the large scale planting without irrigation conditions; *Caragana microphylla* can significantly improve surface soil water status and sufficiently use the deeper soil moisture; and in the gentle slope zone, planting crops can enhance soil moisture better than the abandonment.

Keywords: semiarid; loess; land use; soil moisture

水土流失是半干旱黄土区突出问题之一。水分是生态系统重要的功能因子之一^[1], 是制约土地可持续利用的主导因子。土地可持续利用还要考虑流域或景观单元的环境容量与承载能力、生态系统和生物多样性保护^[2]。孙家岔流域属黄土高原半干旱黄土丘陵沟壑区第 V 副区, 本文试图探索该流域内不同土地利用及其格局对土壤水分时空分布的影响, 研究流

域内土壤水分变化规律及其蓄水特征, 从而指导半干旱黄土丘陵沟壑区农业生产、植被恢复和土地的合理利用及配置。

1 研究区概况

孙家岔流域位于甘肃省榆中县韦营乡, 属黄河 1 级支流宛川河的 3 级支沟, 总面积 42.08 km², 立地

收稿日期: 2012-05-18

修回日期: 2012-07-19

资助项目: 甘肃省水利科研课题“甘肃中北部黄土丘陵沟壑区水土流失特征及防治工程体系研究”(甘水发[2010]228号), “陇中半干旱区静水与降雨条件下黄土地表入渗对比研究”(甘水发[2010]216号)

作者简介: 费喜亮(1955—), 男(汉族), 甘肃省定西市人, 高级工程师, 主要从事水土保持基础理论与水土保持规划等工作。E-mail: FXL550909@163.com。

条件在黄土高原丘陵沟壑区第 V 副区具有一定的代表性。该区年平均降水量 364.4 mm, 降雨年际、年内分配不均, 年蒸发量 1 668.3 mm。流域内成土母质为黄土, 土类属于灰钙土, 土壤有白土和麻土, 阳坡多为白土, 阴坡多为麻土; 土层深厚, 深度一般达几十米。土壤容重为 1.1~1.3 g/cm³, 孔隙度在 50% 以上^[3]。流域内大部分地区为荒坡地, 坡陡、山高, 下游沟岸有岩石露头。主要水土保持措施有梯田、人工植树、封坡育草及人工种草等。

2 研究方法

收集流域内已完成的“黄河中游水土保持小流域综合治理试验示范”项目 1979—1986 年的已有土壤水分观测资料, 并于 2011 年 7—10 月, 每月逢 5 (5 日, 15 日和 25 日) 前后在试验区采用土钻取土, 烘干法测定土壤水分, 含水率测定共分 9 层, 自地表向下每 20 cm 取土样 1 个, 每个土样 2~4 次重复, 用重量百分比表示土壤含水率。各试验区为黄土区典型梁峁坡类型, 分别对所选试验区进行样本调查和物理性质的测定, 结果如表 1 所示。

按地貌和土地利用方式可组合多种土地利用格局, 依据不同的土地利用格局分别对土壤水分进行分析。在水平梯田区分析不同坡向对土壤水分的影响, 梁峁顶区分析农地和荒地的水分变化, 缓坡区 (< 15°) 进行农地 (马铃薯) 和荒地的对比分析, 中坡区 (15°~25°) 针对同坡度的灌木林地 (柠条) 和荒地的土壤水分变化进行描述性统计分析, 相近地形条件下的乔木林区进行不同树种 (松树和杏树) 土壤水分的差异分析。

表 1 2011 年不同土地利用类型土壤水分变化测点

土地类型	植物种类	坡向	坡度	坡型	样地状况
农地 1	玉米	SE	0°	梯田	覆膜种植
农地 2	玉米	NW	0°	梯田	覆膜种植
农地 3	马铃薯	NW	14°	凸形	
荒地 1	荒草	S	15°	直形	牧荒坡
灌木林地 1	柠条	N	26°	直形	
荒地 2	—	N	26°	直形	牧荒坡、柠条
乔木林地 1	松树	SE	14°	直形	
乔木林地 2	杏树	NW	12°	直形	
荒地 3	长芒草	N	5°	凹形	封闭
农地 4	马铃薯	N	5°	凹形	1982 年

3 结果与分析

3.1 梯田不同坡向下土壤水分的统计分析

为高效利用流域内水土资源, 研究不同坡向对梯

田种植的影响, 选择多年种植的梯田实验地 (覆膜集雨种植), 在阳坡区和阴坡区, 分别整理出 3 块 8 m × 8 m 的试验田, 各试验田四周分别起高 40 cm 的畦埂, 并在起埂过程中对田埂充分压实, 以减小渗出外部的水量, 分别在各田块中心点处分层取土测定, 每月 3 次。

由表 2 可知, 采用覆膜种植的水平台玉米地, 阳坡土壤含水率要低于阴坡的水分值, 说明在同类地区, 阳坡 (南) 接受到的太阳辐射要比阴坡 (北) 多, 土壤温度较高, 导致土壤含水率较低。在不同土壤深度取样中, 多数土壤水分的中值与平均值接近, 表明土壤水分的中心趋向分布并不被异常值所决定。阳坡农地的样本极差随深度增加逐渐减小。阴坡农地的样本极差随深度波动变化, 在 1.0 m 处达到最大, 随后显著变小。阳坡表层土壤水分的变异系数高于阴坡, 而随着土壤深度增加, 其变异性消弱程度大于阴坡, 导致深层土壤水分阳坡的变异性低于阴坡。

3.2 梁峁顶不同土地利用对比分析

表 3 是梁峁顶区农地 (农地 4) 和封闭荒地 (荒地 3) 不同深度土壤水分统计分析。由表 3 可知, 农地土壤水分累计深度 20—60 cm 处标准差 > 3, 80—180 cm 标准差在 1~3。变异系数在 0—60 cm 随土壤深度的增加逐渐增加, 80—180 cm 随土壤深度的增加逐渐变小, 样本极差也逐渐减小。荒地土壤水分累计深度 20—100 cm 标准差 > 3, 100—180 cm 标准差在 1~3, 变异系数在 0—180 cm 随土壤深度的增加逐渐变小, 样本极差也逐渐变小。在不同土壤深度取样中, 多数土壤水分的中值与平均值接近, 表明土壤水分的中心趋向分布并不被异常值所决定。

由表 3 还可以看出, 梁峁顶封闭荒地不同累积深度时的含水率均要高于农地, 这是由于梁峁顶荒地相对于其他荒坡地较为平缓, 经过封闭管理后, 其地表土壤对水分的入渗性能大为改善^[3], 进而改善了梁峁顶荒地的土壤水分状况。这说明荒地封闭不仅能增加地表的植被覆盖, 还具有改善土壤水分条件的作用。对于梁峁顶农坡地而言, 由于降水量较少, 重力水带较浅, 薄膜水并不能及时补充消耗的水^[4], 易发生土壤水分亏缺。

3.3 缓坡地农坡和荒坡的土壤水分对比分析

由于不同地形、地貌、土壤、土地利用与植被、各种人类活动, 小流域内土壤的水分特征呈现高度的空间异质性^[5]。从全流域土地利用的角度分析不同土地利用下缓坡区 (5°~15°) 土壤水分的变化, 对土地节约和集约利用问题具有一定的指导意义^[6], 对今后

土地利用的规划、设计、管理等有一定的参考价值。

由表 4 可以看出,农坡平均含水率要高于牧荒坡,表明农业耕作措施使农坡较牧荒坡更有利于土壤水分涵养。因此,选择适宜的农作物(如马铃薯)可提

高旱坡地降水资源的利用率。表 4 数据显示农坡地土壤水分的样本极差要高于牧荒坡,表明农坡表层土壤水分的变异程度大,并随土壤深度增加而减少,使较深层土壤水分的变异程度相对牧荒坡较小。

表 2 梯田不同坡向不同深度土壤水分统计分析

土地利用类型	土壤深度/cm	平均值/%	标准差/%	变异系数/%	中值/%	样本极差/%
农地 1 (阳坡)	0—20	12.222	4.289	35.095	11.91	10.934
	20—40	10.007	3.255	32.526	9.372	8.245
	40—60	7.982	1.877	23.513	7.590	5.749
	60—80	7.509	1.623	21.621	6.490	3.907
	80—100	7.373	1.292	17.526	6.941	3.791
	100—120	7.383	0.909	12.317	7.467	2.826
	120—140	7.653	0.770	10.057	7.588	2.438
	140—160	7.959	0.914	11.488	7.855	3.408
	160—180	8.227	0.848	10.305	7.965	2.897
	平均值	8.479	1.753	19.383	8.131	4.911
农地 2 (阴坡)	0—20	14.258	2.518	17.662	13.868	8.113
	20—40	14.659	2.454	16.293	14.940	9.636
	40—60	13.699	2.427	17.717	14.116	8.130
	60—80	12.404	2.829	22.809	12.824	9.661
	80—100	12.587	4.376	34.768	11.049	15.693
	100—120	11.142	1.598	14.346	11.296	4.856
	120—140	10.981	1.142	10.397	11.077	3.403
	140—160	10.539	1.276	12.111	10.760	4.670
	160—180	11.534	1.560	13.527	11.391	6.044
	平均值	12.423	2.242	17.737	12.369	7.801

表 3 梁峁顶农地和封闭荒地不同深度土壤水分统计分析

土地利用类型	土壤深度/cm	平均值/%	标准差/%	变异系数/%	中值/%	样本极差/%
农地 4 (马铃薯)	0—20	13.884	3.05	21.967	14.126	7.229
	20—40	13.38	3.171	23.701	13.704	7.642
	40—60	12.896	3.142	24.367	12.86	7.585
	60—80	12.509	2.980	23.824	12.332	7.291
	80—100	12.313	2.776	22.548	12.029	6.803
	100—120	12.317	2.757	22.383	11.842	6.760
	120—140	12.344	2.702	21.888	11.722	6.571
	140—160	12.363	2.628	21.258	11.656	6.369
	160—180	12.367	2.553	20.646	11.607	6.150
	平均值	12.708	2.862	22.509	12.431	6.933
荒地 3	0—20	15.504	4.079	26.311	17.418	9.781
	20—40	14.759	3.842	26.027	16.036	9.821
	40—60	14.026	3.599	25.657	14.755	9.485
	60—80	13.475	3.382	25.096	13.850	8.987
	80—100	13.121	3.127	23.830	13.273	8.302
	100—120	12.900	2.894	22.430	12.913	7.656
	120—140	12.757	2.684	21.038	12.670	7.080
	140—160	12.651	2.507	19.818	12.481	6.577
	160—180	12.593	2.341	18.592	12.346	6.115
	平均值	13.532	3.162	23.200	13.971	8.200

表 4 缓坡地区不同土地利用不同土壤深度土壤水分统计分析

土地利用类型	土壤深度/cm	平均值/%	标准差/%	变异系数/%	中值/%	样本极差/%
农地 3 (马铃薯)	0—20	12.341	3.239	21.731	17.446	11.414
	20—40	12.153	1.922	9.422	16.794	5.637
	40—60	12.016	2.265	10.711	15.353	6.939
	60—80	11.918	2.119	11.775	14.305	6.726
	80—100	11.853	1.785	10.905	10.853	4.828
	100—120	11.234	1.332	10.325	11.001	4.068
	120—140	10.854	1.460	12.995	11.359	4.008
	140—160	10.644	1.218	9.979	10.256	3.149
	160—180	10.434	1.102	7.871	10.104	2.950
	平均值	11.494	1.827	11.746	13.052	5.524
荒地 1	0—20	12.413	4.555	36.696	12.624	11.272
	20—40	9.302	1.720	18.491	8.710	5.731
	40—60	7.832	0.469	5.984	7.745	1.894
	60—80	6.973	0.510	7.318	6.916	1.953
	80—100	6.127	0.466	7.600	6.149	1.758
	100—120	5.869	0.243	4.148	5.877	0.840
	120—140	5.95	0.547	9.196	5.709	1.742
	140—160	5.798	0.243	4.198	5.835	0.706
	160—180	6.122	0.4	6.536	6.027	1.495
	平均值	7.376	1.017	11.130	7.288	3.043

3.4 中坡度区灌木林地(柠条)和荒地土壤水分对比

15°~25°的中坡区土地利用类型主要有荒坡和以柠条林为主的灌木林地。柠条林地的土壤水分状况总体上具有低含量、低贮量和高入渗率的特征^[1,3],在很大程度上减弱了降水形成径流,有效地防止了

土壤侵蚀。由表 5 可以看出,灌木林地在表层(0—80 cm)土壤含水率高于牧荒地,而深层(80—180 cm)低于荒坡地。从 2 种土地利用土壤水分变化的标准差、变异系数和样本极差可以发现变化趋势基本相似,均随土壤深度增加而减少。

表 5 中坡区不同土地利用不同深度土壤水分统计分析

土地利用类型	土壤深度/cm	平均值/%	标准差/%	变异系数/%	中值/%	样本极差/%
灌木林地 1 (柠条)	0—20	14.702	4.738	32.226	13.28	11.916
	20—40	10.891	2.866	26.32	9.897	10.145
	40—60	8.764	1.188	13.554	8.638	3.819
	60—80	7.373	0.556	7.541	7.162	1.813
	80—100	6.856	0.419	6.111	6.875	1.171
	100—120	7.212	1.848	25.632	6.556	6.556
	120—140	6.661	0.506	7.594	6.486	1.52
	140—160	5.830	2.023	34.705	6.604	7.143
	160—180	6.745	0.520	7.705	6.538	1.709
	平均值	8.337	1.629	17.932	8.004	5.088
荒地 2	0—20	12.274	4.122	33.579	11.102	11.350
	20—40	9.491	2.288	24.109	8.541	6.797
	40—60	7.789	0.88	11.293	7.365	3.053
	60—80	7.198	0.581	8.067	7.235	2.100
	80—100	7.083	0.785	11.087	6.879	2.249
	100—120	6.834	0.504	7.379	6.650	1.687
	120—140	7.071	0.832	11.766	6.762	2.906
	140—160	7.574	2.084	27.513	6.836	7.240
	160—180	7.457	2.741	36.756	6.637	9.389
	平均值	8.086	1.646	19.061	7.556	5.197

通过分析可以看出,柠条林地在保证柠条正常生长的情况下,其土壤水分值还要高于牧荒地,这说明种植柠条林可以增加雨水在土壤表层的入渗^[3],可以充分利用天然降水和土壤水分,具有良好的水土

保持效益。所以在半干旱黄土区合理规划发展柠条林等深根性灌木植物,是防止土壤侵蚀的有效方法。但过密种植深根性植物会加剧深层土壤水分的消耗,增加地区蒸发蒸腾量,减少表层冲积含水层的含量^[7]。

3.5 乔木林地不同树种土壤水分对比分析

由表 6 可以看出,松树地土壤平均含水率高于杏树林地,表明杏树林相对于松树林耗水量更大,不适宜在无灌溉条件的半干旱地区大面积种植。杏树林

地土壤水分变化的标准差、变异系数在表层比松树要高,深层却比松树要低,这表明杏树林地表层土壤水分的变异程度大,并随土壤深度增加而减小。乔木林地的样本极差在表层(0—20 cm)最大,随后显著变小。

表 6 乔木林地不同树种不同深度土壤水分统计分析

土地利用类型	土壤深度/cm	平均值/%	标准差/%	变异系数/%	中值/%	样本极差/%
乔木林地 1 (松树)	0—20	13.965	3.471	24.855	13.811	9.483
	20—40	8.732	1.046	11.982	8.163	2.939
	40—60	7.173	0.501	6.980	7.168	1.725
	60—80	6.732	0.778	11.553	6.897	1.959
	80—100	6.529	0.423	6.476	6.591	1.502
	100—120	6.957	0.255	3.671	7.026	0.803
	120—140	6.546	0.834	12.743	6.859	2.134
	140—160	6.939	0.449	6.477	6.705	1.224
	160—180	6.879	0.523	7.608	6.932	1.633
	平均值	7.828	0.920	10.261	7.795	2.600
乔木林地 2 (杏树)	0—20	11.836	4.867	41.121	13.316	14.945
	20—40	7.102	1.368	19.270	7.146	4.336
	40—60	5.477	0.610	11.145	5.339	2.234
	60—80	5.427	0.398	7.332	5.325	1.202
	80—100	5.585	0.458	8.198	5.464	1.635
	100—120	5.629	0.567	10.079	5.681	2.09
	120—140	5.570	0.742	13.315	5.331	2.514
	140—160	5.404	0.205	3.800	5.457	0.701
	160—180	5.309	0.236	4.436	5.364	0.792
	平均值	6.371	1.050	13.188	6.491	3.383

4 结论

(1) 在半干旱黄土区采用覆膜种植的梯田区,阳坡土壤含水率低于阴坡,其表层的变异系数高于阴坡,随着土壤深度的增加,阳坡的变异性消弱程度大于阴坡,导致深层土壤水分阴坡的变异性高于阳坡;多数不同土壤深度取样中,土壤水分的中值与平均值接近,表明土壤水分的中心趋向分布并不被异常值所决定。

(2) 梁峁顶地区封闭荒地不同累积深度时的含水率均要高于农地,说明对荒地施行封闭管理不仅能增加地表的植被覆盖,还能改善土壤水分条件。

(3) 农坡地土壤平均含水率要高于牧荒坡,说明农业耕作措施使农坡地较牧荒地更有利于改善土壤水分,缓坡区选择马铃薯等秋季农作物,可提高旱坡地降水资源的利用率。农坡地土壤水分变化的标准差、变异系数在表层比牧荒坡大,深层却比牧荒坡小,其样本极差大于牧荒坡,说明农坡地表层土壤水分的变异程度高,并随土壤深度增加而逐渐降低,使农坡较深层土壤水分相对牧荒坡的变异程度较低。

(4) 灌木林地表层(0—80 cm)土壤含水率高于牧荒地,而深层(80—180 cm)低于荒坡地。柠条林地在保证柠条正常生长的情况下,其土壤水分值还要高于牧荒地,说明柠条林可以增加雨水在土壤表层的入

渗^[3],能充分利用天然降水和土壤水分,具有良好的水土保持效益。在半干旱黄土区合理规划发展柠条林等深根性灌木植物,是防止土壤侵蚀的有效措施。

(5) 松树地土壤平均含水率高于杏树林地,杏树林相对于松树林耗水量更大,不适宜在无灌溉条件的半干旱地区大面积种植。

[参 考 文 献]

- [1] 傅伯杰,陈利顶,邱扬,等.黄土丘陵沟壑区土地利用结构与生态过程[M].北京:商务印书馆,2002.
- [2] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等.景观生态学原理及应用[M].北京:科学出版社,2001.
- [3] 费喜亮,景凌云,孙栋元.半干旱黄土区不同土地利用土壤容水量与渗水率的试验研究[J].水土保持通报,2011,31(6):5-10.
- [4] 牛俊杰,赵景波,王尚义.太原果树林地的土壤干层[J].太原师范学院学报:自然科学版,2008(6):144-147.
- [5] 刘鑫.晋西黄土区不同立地类型下土壤水分时空异质性研究[D].北京:北京林业大学,2007.
- [6] 邢贵,张新民,费喜亮,等.孙家岔流域坡面不同土地利用的土壤水分变化分析[J].干旱地区农业研究,2012,30(2):225-229.
- [7] 琼斯 K R.干旱地区水文学[M].北京:中国农业科技出版社,1988.