

黄土高原丘陵沟壑区不同植被类型土壤水分动态变化^{*}

杨永东¹, 张建生¹, 蔡国军², 莫保儒², 王子婷², 柴春山²

(1. 甘肃农业大学 工学院, 兰州 730070; 2. 甘肃省林业科学研究院, 兰州 730020)

摘 要:在黄土丘陵沟壑区选择典型植被油松林、沙棘、苜蓿、农田和自然草地, 对其土壤水分进行观测分析, 得出结论: 观测期内植被类型、土壤剖面和生长季节对土壤水分具有显著影响($P < 0.01$)。植被生长季节前期, 土壤水分变化平缓; 在植被生长季节中期, 土壤水分变化具有显著差异。通过方差分析, 不同植被类型间土壤水分存在极显著差异($P < 0.01$), 不同植被类型间, 沙棘的土壤水分最大, 农地次之, 而油松林的土壤含水量最小; 不同植被在试验区生长适宜性顺序为: 草地 > 沙棘 > 苜蓿 > 油松。

关键词:黄土丘陵沟壑区; 植被类型; 土壤水分动态; 水量平衡

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)04-0149-03

Soil Water Dynamics of Different Vegetation in Gully and Hilly Regions of the Loess Plateau

YANG Yong-dong¹, ZHANG Jia-r sheng¹, CAI Guo-jun²,

MO Bao ru², WANG Zi ting², CHAI Chun shan²

(1. The Engineering college of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Forest Research Institute, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The soil moisture was observed and analyzed in the typical vegetation, such as *Pinus tabulaeformis*, seabuck thorn, manual grassland (*Alfalfa*), farmland and the natural grassland. The results show: the different vegetation, soil profiles and the growth season had dramatically affect on the soil moisture ($P < 0.01$). In different growth stage of the vegetation, the soil moisture is different. It has stable variety in pro growth times. But it shows the recede curve in mid growth season. In different vegetation, the soil moisture show dramatically variable. The moisture of the seabuck thorn is higher than that of the other vegetation. The farmland is lower than seabuck thorn. And the *Pinus tabulaeformis* is the lowest. After analysis of soil moisture balance, the growing feasible of the different vegetation in the region is: natural grass land > seabuck thorn > alfalfa > *Pinus tabulaeformis*.

Key words: gully and hilly region in Loess Plateau; vegetation types; soil water dynamic; water balance

黄土丘陵沟壑区属于干旱半干旱区, 植被覆盖度低, 水土流失严重, 土壤侵蚀模数高达 $4\ 000\ t/(hm^2 \cdot a)$ 以上^[1-2], 干旱缺水、荒漠化问题是世界性的问题, 是威胁人类生存的重要因素^[3]。水分条件是制约该地区植被恢复和生态建设的重要条件, 土壤水分是其水资源重要组成部分。土壤水分既是制约黄土丘陵沟壑区植被恢复和重建的主要限制因子, 也是决定土壤生产力的重要因素之一^[4]。充分认识各种土地利用条件下土壤水分变化状况和水分利用情况是科学利用土地资源和治理黄土丘陵区生态环境的前提^[5]。

影响黄土丘陵沟壑区土壤水分的因素包括植被生长季节、立地类型、土壤剖面和植被类型等。土壤水分变化与当地气候变化, 尤其是降雨的季节性变化规律是基本一致的^[6]。

贾志清应用谐波理论将土壤水分按季节划分为4个阶段, 即土壤水分缓慢蒸发期、土壤水分亏缺期、雨季补偿期和相对稳定期^[7]; 陈海滨等对黄土高原沟壑区人工林及荒坡土壤水分动态研究表明, 各立地土壤水分的季节变化可以分为土壤水分积累期、土壤水分消退期、土壤水分恢复期、土壤水分稳定期和土壤水分消耗期^[8]。植被生长离不开土壤和水, 而水土流失造成土壤肥力下降, 土壤生产力低下, 不断的破坏植被生长的环境条件。王月玲等研究表明, 随着坡度的增加, 土壤含水量不断减小。邱扬等在研究我国黄土高原土壤水分动态时, 分析了土层平均含水量的变化, 认为不同深度土层平均含水量存在明显差异, 随着土壤深度(0-5, 10-15, 20-25, 40-45, 70-75 cm)的增加, 平均含水量显著增加, 为增长型^[9];

* 收稿日期: 2007-11-17

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2004BA606A03)

作者简介: 杨永东(1985-), 男, 甘肃永登人, 硕士研究生, 研究方向水利工程与生态环境。E-mail: yangyd920@yahoo.cn

通信作者: 张建生(1964-), 男, 甘肃静宁人, 硕士, 副教授, 研究方向水利工程与生态环境。

杨新民研究了我国黄土丘陵区 0– 200 cm 土壤水分动态, 得出了土壤水分含量为降低型的结论, 即随着土层深度的加深, 土壤含水量呈减少趋势^[10]。同时, 地表植被的类型、盖度及生长情况都会在一定程度上影响土壤含水量, 土地的不同利用方式(包括耕作以外的自然和人为干扰)会改变土壤性质和植被对地表的覆盖, 从而影响土壤含水量。

通过选择黄土丘陵沟壑区典型植被, 对其土壤水分进行观测分析, 了解该地区不同植被类型土壤水分状况和土壤水分利用情况, 并通过水分平衡对各类植被生长适宜进行分析, 为该地区植被恢复和生态建设应用和发展提供理论依据。

1 试验区概况

试验区位于定西市安家沟流域内, 地理坐标 104°37′10″E, 35°35′10″N, 气候属中温带半干旱区, 平均气温 6.3℃, ≥10℃的积温 2 239.1℃, 极端最高气温 34.3℃, 极端最低气温– 27.1℃, 多年平均降水量 427 mm, 年最大降水量 719.10 mm, 最大雨强 1.78 mm/min, 空气相对湿度 65.8%, 日照时数 2 408.62 h, 无霜期 141 d, 年蒸发量 1 510 mm。试验区 1984– 1998 年 15 a 总降水量 6 495.4 mm, 总降水量日数 1 478 d, 日降水 10 mm 以下的日数 1 274 d, 占总降水日数的 86.2%, 累计降水量占总降水量的 45.42%。

2 试验设计及分析方法

根据不同土地利用类型, 在试验场内选取 5 块典型样地(人工草地、农地、灌木、林地以及自然草地)。人工草地选择常种植的首蓿, 农地作物为小麦, 灌木选择沙棘, 林地为人工油松林, 自然草地(撂荒地)是以针茅为主的杂草。油松林和沙棘林的林龄为 20 a。各植被类型按 10°, 15°和 20°三个坡度设 3 个小区。

表 1 2005 年度土壤水分状况方差分析

变异来源	III 类平方和	自由度	均方	F 值	F _{0.05}	F _{0.01}	Sig.
组 间	76588.321	1	76588.321	7638.212* *	3.85	6.66	0.000
季 节	5417.200	9	601.911	60.029* *	1.89	2.43	0.000
深 度	1549.325	4	387.331	38.629* *	2.36	3.34	0.000
坡 度	8.939	2	4.470	0.446	3.00	4.52	0.641
植被类型	678.776	4	169.694	16.924* *	2.36	3.34	0.000
误 差	7319.707	730	10.027				
总变异	91562.269	750					

注: * 代表均值在 $P < 0.05$ 上显著, * * 代表均值在 $P < 0.01$ 上显著(以下同)

3.2 土壤水分剖面变化

由图 2 可以看出, 0– 100 cm 土层深度对于相同的植被, 在植被生长前期, 土壤水分在剖面上随深度变化平缓, 而在植被生长中期, 土壤水分在剖面上呈降低型。这是由于在植被生长初期, 植被覆盖率小, 地面裸露大, 水分消耗主要以植株裸间蒸发为主, 且降雨量少, 土壤水分相对稳定; 而在植被生长中期, 植被生长进入雨季, 表层土壤水分变大, 植被覆盖率变大, 地面裸露变小, 地面直接蒸发变小, 水分消耗以植物蒸腾为主, 植被蒸腾消耗的水分通过吸收深层土壤水分补给, 土壤水分随深度而减小。

2005 年分别对样地土壤水分测定, 测定周期为 15 d, 从 5 月 1 日开始到 9 月 15 日结束。测定深度 1 m, 每个样点以 20 cm 为间隔用土钻均等取样, 重复 3 次。土壤水分测定采用烘干法, 烘干温度 105℃, 烘干时间 10 h 以上。

土壤水分数据利用 Excel2003 及 SPSS11.0 统计完成, 方差分析利用 SPSS11.0(LSD 法及 Duncan 法)完成。

3 结果与分析

3.1 不同植被类型对土壤水分动态变化的影响

3.1.1 土壤水分方差分析

由表 1 可知: 除坡度外(坡度对于土壤水分的影响不显著), 各因子对黄土丘陵沟壑区土壤水分动态变化都达到极显著水平($P < 0.01$), 而在各因子中, 季节变化(取土日期)对土壤水分影响最为明显; 土壤剖面和植被类型对土壤水分影响的大小不同, 由 F 值可知, 土壤剖面对于土壤水分的影响超过植被类型对土壤水分的影响。

3.1.2 不同植被类型土壤水分变化

由图 1 可以看出不同植被类型间土壤水分存在显著差异。各植被类型土壤水分大小顺序是: 沙棘> 农田> 荒地> 苜蓿> 油松。若将植被生长划分为 3 个阶段, 即生长前期(5 月 1 日– 6 月 15 日)、生长中期(6 月 16 日– 8 月 15 日)及生长后期(8 月 16 日– 9 月 15 日), 土壤水分在植被生长中期以及后期(6 月 16 日至 9 月 15 日)的变化存在极显著差异($P < 0.01$)。因此, 不同植被类型土壤水分变化具有明显的季节变化, 根据图 1, 可以将土壤水分按季节划分为 4 个阶段, 土壤水分缓慢蒸发期(5 月 1 日– 6 月 16 日), 土壤水分亏缺期(6 月 16 日– 7 月 16 日), 土壤水分补偿期(7 月 16 日– 9 月 1 日), 土壤水分稳定期(9 月 1 日至次年植被生长初期)。

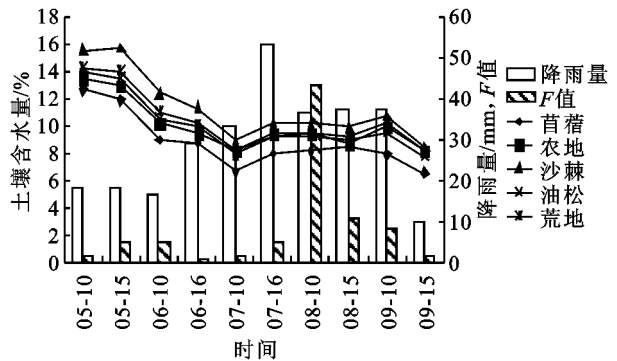


图 1 2005 年不同植被类型土壤水分变化

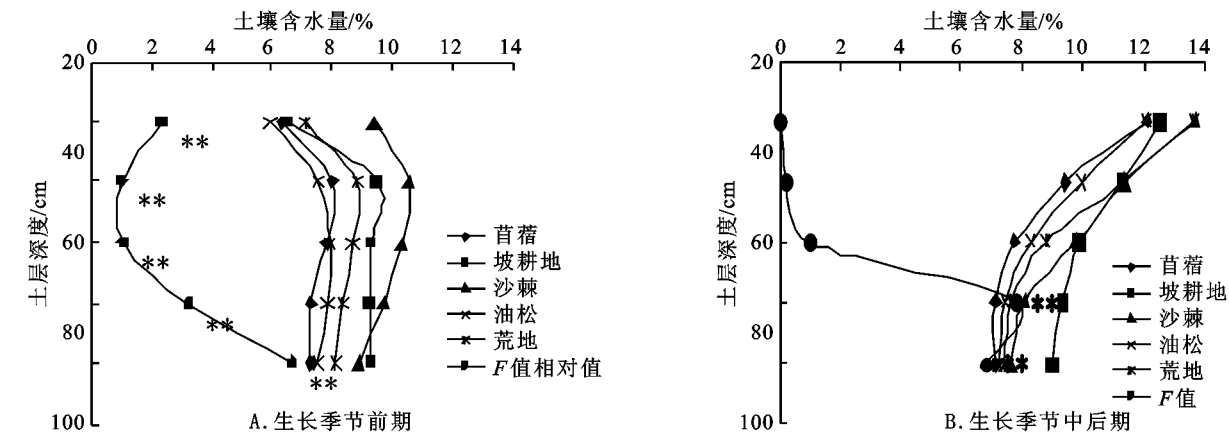


图 2 不同植被类型生长季节时期土壤水分剖面变化

方差分析表明,这 5 种类型样地间 5 个层次的土壤水分在生长前期均存在极显著差异($P < 0.01$),而在生长中期 5 种类型样地在 60–100 cm 深层存在差异。

3.3 不同植被类型土壤水分平衡

黄土高原是我国典型的气候、生态过渡带,植被恢复重建面临的环境条件复杂多变,加之该地区地形起伏变化较大,植被恢复和生态建设受地形等因子的影响明显,更加剧了这种困难。因此,如何选择适宜的物种或者对立地环境进行评价,对于该区的植被恢复重建具有重要的实践意义。以物种的蒸散量为基础,从水分平衡和水土保持角度分析该地区植被生长适宜性(表 2)。

表 2 是 2002 年与 2003 年不同植被类型的径流量、蒸散发及水量平衡(是指植株蒸腾与棵间蒸发之和)汇总表(资料来源国家“十五”科技攻关报告),蒸散发由土壤水分平衡计算得,对不同植被间各指标比较如下:

径流量:在相同坡度和坡向条件下,柠条林无径流产生,在产生径流的各植被中沙棘最小,荒草地次之,而油松最大;

表 2 不同植被类型水分平衡		mm				
年份	项目	荒草地	山杏+ 柠条	油松	沙棘	柠条
2002 年	蒸散量	278.05	284.71	301.78	284.64	300.87
	径流量	6.30	8.70	13.00	3.89	0.00
	截流量	0.00	7.50	11.40	9.70	7.20
	水分平衡	- 44.85	- 61.41	- 86.68	- 58.73	- 68.57
2003 年	蒸散量	430.66	424.96	429.21	428.48	447.64
	径流量	6.20	8.60	15.50	6.20	0.00
	截流量	0.00	7.20	12.80	8.30	4.50
	水分平衡	26.24	22.34	5.59	20.12	10.96

不同植被类型蒸散发大小顺序:油松> 沙棘> 柠条> 自然草地> 山杏+ 柠条。

2002 年是典型干旱年,土壤水分在所有观测植被都呈亏平衡,而在 2003 年土壤水分呈正平衡。因此,不同植被水分亏缺顺序:油松> 山杏+ 柠条> 柠条> 荒草地> 沙棘。

以上分析可见,沙棘和草地相对其他植被类型的可以提高土壤储水量和土地生产力,尤其是草地。而且灌木林和草地都可以吸收深层土壤水分,其水分补偿性较高^[11]。荒草地与其他植被相比,既可调节地表径流,减少蒸散量,又可以

提高储水量,在黄土丘陵区可以提高天然降水利用率及土壤入渗。程积民等研究认为,天然草地形成的较多地面枯草层,可增加土壤水库的积蓄和储存^[12]。

4 结 论

(1) 在观测期内植被类型、观测日期和土层剖面深度都对土壤水分具有极显著影响,但坡度因子对于土壤水分的影响不明显。

(2) 不同植被类型间土壤水分变化具有明显差异,其顺序为:沙棘> 农田> 荒地> 苜蓿> 油松。根据植被生长季节将植被生长划分为 3 个阶段,即生长季节前期(5 月 1 日至 6 月 15 日)、生长季节中期(6 月 16 日至 8 月 15 日)和生长季节后期(8 月 16 日至 9 月 15 日),在生长前期同种植被土壤水分的变化不明显,但在生长中后期差异明显。

(3) 对不同时期土壤水分的剖面变化分析表明,在植被生长前期同种植被土壤水分在土层剖面变化平缓,而在植被生长中期土壤水分在剖面上呈降低型。

(4) 由土壤水分平衡分析,观测期内不同植被耗水量次序为:油松> 沙棘> 柠条> 山杏+ 柠条> 荒草地。

由于所选坡度对土壤水分变化不明显,可以认为在坡度 10~20° 间,灌木和草地的适生性较农地和林地为好,而且为提高该地区生态恢复和建设,可以通过将人工恢复措施和自然恢复相结合,在该区实施退耕还林和封山育林(草)措施。

参考文献:

[1] 王海英,刘桂环,董锁成. 黄土高原丘陵沟壑区小流域生态环境综合治理开发模式研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 207-216.

[2] 张海,张立新,柳江华,等. 黄土退耕坡地工程治理与林草优化配置模式研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 93-97.

[3] 张生贤,侯维平,李鹏. 干旱半干旱地区发展林业的思路与对策[J]. 甘肃农业大学学报, 2000, 35(1): 13-18.

[4] 王月玲,张源润,蔡进军,等. 宁南黄土丘陵区不同生态恢复与重建中的土壤水分变化研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(7): 367-369.

4 讨 论

从最近时期斑块数的分布来看(表 1),流域内旱地栽培植被的斑块数最多,比面积最大的暖温性针叶林的斑块数还多,说明人类活动对区域内景观格局的影响,因为旱地是人类农业生产活动的产物,斑块比暖温性针叶林等更为破碎,小斑块居多。此外,半湿润常绿灌丛、中山湿性常绿灌丛和灌草丛斑块数量也较多,如灌草丛,面积仅约旱地栽培植被的 1/3,斑块数却近旱地的一半。而本流域内这三类植被是人类居住的地方,与人类活动密切相关,其斑块数量说明流域内人类活动对植被的不良影响。

斑块粒度方面,从植被景观总体水平来看,流域内 54.62% 的斑块为小斑块(表 2),24.45% 为中斑块,体现出植被景观的高度破碎化。其中,常绿阔叶林类型的中小斑块数量最多,斑块较破碎,是由于流域内常绿阔叶林处于海拔 2 000~ 2 500 m,是人类能够影响到的主要区域,反映了人类对植被的破坏程度明显。而温凉性针叶林和云、冷杉林,大都分布在海拔 3 000 m 以上,因此受人类影响程度较小,其小斑块数比例小,中斑块数相对较多,反映出以温凉性针叶林和寒温性针叶林为主的森林类型有较好的连接度。

从植被变化研究来看,经过 10 a 后,面积增加最大的植被类型是暖温性针叶林,面积增加 338 732.62 hm² 的同时,而其斑块总数却减少了 2 589,除植被的自然恢复以外,充分反映出人工造林的成效,特别是长江防护林工程的建设。其次,面积增加较多的是灌草丛,灌草丛是受人为活动影响后形成的次生性植被类型,其面积增加却说明了人类活动对植被的不良影响。半湿润常绿栎类灌丛和中山湿性常绿栎类灌丛都呈减少的趋势。一方面,部分原有的灌丛人为恢复成暖温性针叶林,因为在有灌丛覆盖的区域,地表土壤条件、水分状况都较好,人工造林易获成功;另一方面,这些灌丛在人类活动的进一步干扰下也易退化为灌草丛。湿润和半湿润常绿阔叶林的面积有一定的减少,这两种类型分布的地方人类活动的强度较大,需进一步加强保护。

斑块规模变化方面,10 a 后,各类植被景观的总斑块数减少了 11 903 个(图 2、表 3)。随斑块粒度的增加,斑块减少的数量相应降低。其中小斑块数的减少最多(图 2),除小斑块以外,其余粒级斑块的比例都是后期高过前期。可以看出

随小斑块数的减少,小斑块融合成更大的斑块或融进更大的斑块,于是这些粒级的斑块比例都相应增加。因此,可以看出,整个流域植被景观破碎的程度体现出减弱的趋势。

5 结 语

研究表明:一方面,人类日常活动,如森林采伐、放牧、修路等,对流域内的植被有不良影响,另一方面,政府实施的退耕还林等生态保护工程对流域内的植被有积极保护作用。但是还存在的问题是,在大面积人工林营造和成林之后,人工林均为阳性树种组成,稳定性和持久性都较差,而且人工林中种类有限,生物多样性远远达不到要求。病虫害对这些人工林的影响是巨大的,一些外来树种如蓝桉的营林,也带来了外来种入侵形成的一系列生态问题,对乡土植物的多样性和原有生态系统造成不良的影响。因此,在初步解决了森林覆盖的数量后,应积极注意提高森林的质量。

参考文献:

[1] Sarah E G. Spatial and nonr spatial factors: When do they affect landscape indicators of watershed loading [J]. Landscape Ecology, 2005, 20(2) : 177- 189.

[2] Faith R, Kearns N, Maggi K, et al. A method for the use of landscape metrics in freshwater research and management[J]. Landscape Ecology, 2005, 20(1) : 113- 125.

[3] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 150- 156.

[4] 郎南军, 郭立群, 孟广涛, 等. 金沙江流域高原山地系统分异规律的分析研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(2): 31- 38.

[5] 周春花, 唐川, 铁永波. 金沙江流域云南段泥石流危险度评价[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(1) : 65- 69.

[6] 唐川. 金沙江流域(云南境内)山地灾害危险性评价[J]. 山地学报, 2004, 22(4): 451- 460.

[7] 罗小勇, 陈蕾, 李斐. 金沙江干流梯级开发环境影响分析[J]. 中国环境水力学, 2004, 25(14) : 7- 10.

[8] 袁本朴. 长江上游民族地区生态经济研究[M]. 成都: 四川人民出版社, 2002: 180- 210.

(上接第 151 页)

[5] 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.

[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] 陈海滨, 孙长忠. 黄土高原沟壑区林地土壤水分特征的研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(4): 13- 16.

[8] 李子忠, 龚元石. 农田土壤水分和电导率空间变异性及确定其采样数的方法[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(5) : 59- 66.

[9] 杨新民. 黄土高原灌木林地水分环境特性研究[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1) : 8- 13.

[10] 贾志清. 晋西北黄土丘陵沟壑区典型灌草植被土壤水分动态变化规律研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26(1) : 10- 15.

[11] 杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[12] 程积民, 万惠娥, 王静, 等. 黄土丘陵半干旱区天然草地土壤水分调控[J]. 草地学报, 2003, 11(4) : 296- 300.