

水蚀风蚀交错带典型土地利用方式土壤水分变化特征

姜娜^{1,2} 邵明安² 雷廷武¹ 田磊¹

(1 中国农业大学水利与土木工程学院 2 中国科学院水利部水土保持研究所, 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室)

摘要: 土壤水分是农作物生长的主控因子, 对土壤侵蚀过程有着重要的影响. 在水蚀风蚀交错带的强烈侵蚀中心)) 陕北神木县六道沟小流域内, 选择5种典型的土地利用类型, 修建5 m@21 m标准径流小区, 从2004年5月到10月, 在天然降雨试验条件下, 对其水分变化特征进行了观测. 研究表明, 在观测期内, 不同土地利用方式的土壤储水量动态变化趋势与降雨量的变化趋势基本一致, 土壤储水量的最高值和最低值分别出现在6月上旬和7月上旬; 各小区土壤水分循环过程基本均为/ 消耗) 补偿) 消耗0, 水分变幅随土层深度增加而变小; 5个小区的蒸散耗水量大小依次为柠条地> 荒草地> 退耕地> 黑豆地> 谷子地, 径流量大小依次为黑豆地> 谷子地> 退耕地> 荒草地> 柠条地. 柠条蒸散耗水量最大, 地表径流量最少, 说明柠条灌丛具有良好的水土保持效益和较高的水分利用率. 在侵蚀严重的水蚀风蚀交错带地区, 合理规划发展柠条林等深根性植物是防止土壤侵蚀、利用深层土壤水分的有效方法.

关键词: 水蚀风蚀交错带, 土壤水分, 土地利用类型

中图分类号: S152.17 文献标识码: A 文章编号: 1002-1522(2007)06-1342-04

JIANG Na^{1,2}; SHAO Ming'an²; LEI Tingwu¹; TIAN Lei¹ Soil water characteristics of different typical land use patterns in water2wind erosion interlaced region. Journal of Beijing Forestry University (2007) 29(6) 1342-137 [Ch, 6 ref.]

1 College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing, 100083, P. R. China;

2 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Ministry of Water Resources, Yangling Demonstration Zone, Shaanxi Province, 712100, P. R. China.

Five representative land use types were selected to monitor the soil moisture in Liudaogou Catchment, Shenmu County, northern Shaanxi Province of northwestern China, in the center of the water2wind erosion interlaced region from May to October, 2004. The five land use patterns were Caragana korshinskii land, Glycine soja land, Setaria italica land, natural grassland and de2farming grassland. The data were obtained under the condition of natural rainfall, and the results showed that the dynamic change tendency of water2storage capacity of the five land use types was accordant with that of natural rainfall, and the maximum and the minimum capacity happened respectively in the first ten days of June as well as July; the moisture circulation processes of the five land use patterns were nearly all / consumption2compensation2consumption0, and the variation scope of soil moisture decreased with the increase of soil layer depth; the sort order of the transpiration and evaporation capacity within the observation period was C. korshinskii land> natural grassland > de2farming grassland> G. soja land> S. italica land, and that of total runoff produced within the observation period was G. soja land> S. italica land> de2farming grassland> natural grassland> C. korshinskii land. For C. korshinskii land, its transpiration and evaporation capacity was the maximum while its total runoff was the minimum, and this shows that its efficiency of water application is high and it has better effects on the soil and water conservation, and cultivating deep2rooted plants is the potent way to prevent the soil erosion and utilize the deep subsoil water.

Key words water2wind erosion interlaced region, soil moisture, land use pattern

收稿日期: 2006-10-11

http://www.bjfujournal.cn

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划(90502006)、中国科学院百人计划项目.

第一作者: 姜娜, 博士. 主要研究方向: 农业水利工程. 电话: 010-62737718 Email: jiangna7689@163.com 地址: 100083 北京市海淀区清华东路17号中国农大东校区104信箱.

责任作者: 邵明安, 研究员, 博士生导师. 主要研究方向: 土壤物理. 电话: 029-287012405 Email: shaomingan@hotmail.com 地址: 712100 陕西杨凌示范区西农路26号中科院水利部水土保持研究所

水蚀风蚀交错带位于北纬 35°20'~40°10', 东经 103°33'~113°53', 属半干旱草原地带, 年降水量为 250~450 mm. 交错带风沙地貌和流水侵蚀地貌交错分布, 水蚀、风蚀发展强烈, 且全年交替进行, 相互促进, 不仅增加了入黄泥沙, 还加剧了生态环境的恶化, 使该区成为黄土高原土壤侵蚀最为强烈的地区.

土壤水分不仅是农用地生产力和农作物生长的主控因子, 而且是流域水量平衡乃至地区水文循环中的重要因素, 对土壤侵蚀过程也有着重要的影响. 水蚀风蚀交错带农业生产主要靠天然降雨, 实行旱作农业, 研究其不同土地利用方式下土壤水分的动态变化, 及时了解区域的水分收支状况, 对于利用有效的降雨资源与提高有限资源利用率、对于合理布置农业种植结构与发展农业生产、提高流域生产力具有重要意义; 同时, 还可以为该地区土地资源的合理利用和配置、生态环境治理与改善提供科学依据, 为该地区土壤侵蚀规律的深入研究及动态监控提供必要的基础资料.

1 试验区概况

本研究选取在水蚀风蚀交错带的强烈侵蚀中心))) 陕北神木县六道沟小流域进行. 六道沟小流域距陕北神木县城 14 km, 位于毛乌素沙地与黄土高原两大自然生态区之间的过渡地带, 生态环境表现出很强的过渡特征; 流域面积为 61886 km², 主沟长 4121 km, 流向自南向北, 海拔高度在 109410~127319 m, 相对高差 12911~19219 m; 地貌类型为片沙覆盖的黄土丘陵, 流域内风沙地貌和流水侵蚀地貌交错分布, 由于严重的土壤侵蚀作用, 地形支离破碎, 沟壑纵横, 沟壑密度(长度大于 100 m)为 6145 km/km²; 该流域属于中温带半干旱气候, 平均干燥度为 118, 年平均蒸发量 78514 mm, 年均降水量 43714 mm, 其中, 6) 9 月降雨量占全年的 7714%, 年均气温 814 e; 区内大风、沙尘暴频繁, 年均风速 212 mPs, 年均大风日数 1612 d, 最长达 44 d, 沙尘暴年均 1017 d, 最多 22 d; 流域主要植被为半干旱草原, 有效植被面积仅为 10143%, 且多为人工植被, 天然植被已基本被破坏殆尽; 主要土壤类型有绵沙土、硬黄土、红黄土和风沙土^[1].

2 试验设计与方法

2.1 试验小区的布置

根据典型的土地利用类型, 在流域内布置 5 个面积为 5 m @ 21 m 的标准径流小区, 土地利用类型为柠条(*Caragana korshinskii*)地、荒草地(苜蓿(*Medicago sativa*)和长芒草(*Stipa bungeana*))为主、退耕地(主要为苦菜(*Sonchus oleraceus*)和杏树(*Prunus armeniaca*))、黑豆(*Glycine soja*)地和谷子(*Setaria italica*)地, 各小区基本情况及土壤水分参数见表 1.

2.1.2 观测内容及方法

本研究的野外试验是在天然降雨条件下进行

表 1 各小区基本土壤水分参数

TABLE 1 Parameters of soil moisture in the five plots

小区类型	坡度P (b)	坡向	饱和持水量P%	容重P(g cm ⁻³)			
				0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	40-400 cm
柠条地	12	EN16	37.65	1133	1147	1149	1147
荒草地	13	ES28	43.63	1143	1145	1145	1146
退耕地	11	ES14	45.27	1135	1141	1148	1149
谷子地	15	WN50	42.20	1135	1143	1152	1148
黑豆地	17	WN61	44.06	1144	1138	1137	1139

的, 观测内容主要包括: 1) 降雨量, 用自记雨量计测定各次降雨的降雨量和降雨过程; 2) 水面蒸发量, 用蒸发皿逐日测定; 3) 径流量, 在小区底部出口处修建积水池, 采用径流桶来测定小区每次降雨产流量; 4) 土壤水分, 采用中子仪法, 每个小区沿坡顶至坡底布设 3 根中子管, 间距为 7 m, 1 m 以上土层每 10 cm 测 1 个点, 1 m 以下土层每 20 cm 测 1 个点, 测量深度至 4 m, 每 10 d 测 1 次, 降雨后加测, 小区水分取 3 个中子管的平均值; 5) 棵间蒸发, 采用自制微型蒸渗仪, 用称重法逐日测定.

3 结果与分析

3.1 不同土地利用类型土壤水分动态变化特征

土壤水分观测时间从 2004 年 5 月 19 日) 10 月 7 日, 观测期内总降雨量为 415 mm, 占全年降雨量的 97%; 2004 年全年降雨量为 428 mm, 接近多年平均降雨量, 属于平水年.

由于降雨入渗、再分配和土壤蒸发向深层传递的滞后性, 各层土壤水分变化幅度具有一定差异, 无论是柠条地、草地, 还是作物地, 上部浅层土壤水分变化幅度都比较大, 2 m 及以下土层由于根系吸水强度减弱, 土壤储水量的变幅平缓; 退耕小区的储水量总是最大, 荒草地的一直最少, 这还与各小区的土壤类型等因素有关. 总体来看, 各小区储水量动态变化趋势与降雨量的变化趋势基本一致(见图 1a~e 和图 2). 从图 1、2 可以看出, 从观测期始至 6 月上旬, 降雨量近 100 mm, 而此阶段谷子和黑豆等作物刚刚播种完毕, 作物株苗较小, 柠条、荒草等草灌木处于返青时期, 加上气温较低, 植物蒸腾和地面蒸发弱, 蒸发散量远小于降水量, 使土壤水分达到观测期内的最高值; 6 月中旬至 7 月上旬, 作物、草灌木进入生长旺盛期, 耗水剧增, 总蒸发散量加大, 降雨量仅有 23 mm, 对作物、草灌木生长构成较大威胁, 使 7 月上旬土壤储水量处于最低水平; 7 月中旬到 9 月上旬是全年降雨的高峰期, 期间共降水 278 mm, 占整个观测期内降水总量的 67%, 虽然气温回升, 植物蒸腾和土壤蒸发作用加强, 仍有部分降水补充土壤水分, 土壤储水量逐渐增加; 9 月中下旬至观测期末, 各小区叶面积指数降低, 地表蒸腾作用加强, 而降水明显减少, 仅有 15 mm, 无法满足植被生长耗水, 消耗部分土壤水分进行补偿, 土壤储水量逐渐降低.

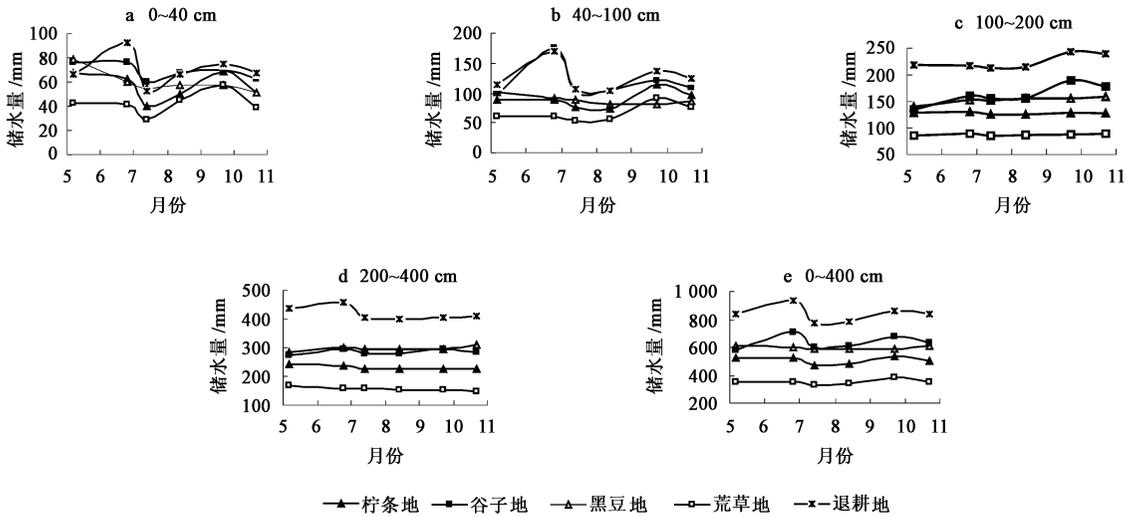


图 1 各土地利用类型不同土层储水量的动态变化

FIGURE 1 Dynamic changes of water storage capacity of different land use patterns at varied soil layers

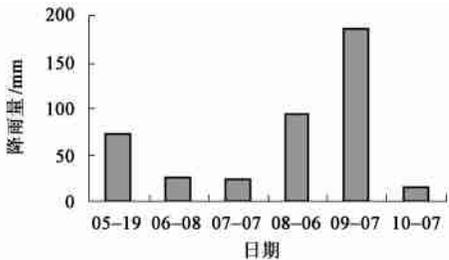


图 2 观测期内降雨量分布图(2004年)

FIGURE 2 Distribution of rainfall within the observation period (in 2004)

312 土壤水分垂直剖面分布特征

黄土高原土壤水分亏缺的补偿和恢复主要在雨季,暴雨和微雨对土壤水分的补给作用较小,只有降雨强度适中、历时长、雨量大的降雨过程才能有较多的降雨入渗,补给土壤水分,土壤水分的恢复程度和深度又因降雨的丰欠和有效降雨的多寡而存在明显差异[223].

图 3a~ e 是 5 种土地利用类型在观测期内,各主要时期的土壤水分垂直剖面分布图.从图 3 可以看出,在整个观测期内,各小区土壤水分循环过程基本均为(消耗)补偿)消耗0,水分变幅随土层深度增加而变小.在土壤水分补偿期和土壤水分缓慢蒸发期,水分在剖面上分布随土层深度增加而减少,其他时期则相反,不同土地利用方式及植被的差异造成在剖面上水分变幅的大小不一,这与根系分布范围有关;以土壤水分变幅大小相比,0~ 40 cm 范围内的水分分布变化最大,表层土壤含水量最低,随着土层深度的增加,土壤含水量从上层向下逐渐增大,至 40 cm 处达到最大值,40 cm 以后各小区土壤含水量逐渐减小(退耕小区除外),变化较平缓,这反映出降雨和蒸散对表层土壤含水量的影响最大,对下层土壤含水量的影响较小.有学者根据不同深度土壤水分含量值的标准差、变异系数,将土壤水分垂直变化划分为活跃层、次活跃层、相对稳定层等若干不同

的层次[426],本研究结果与这些学者的结论大致相符.从图 3 还可以看出,退耕小区水分含量在 0~ 40 cm 范围内逐渐增高,在 50 cm 土层减少后又逐渐增加,至 200 cm 左右土层达到水分含量最高值.柠条地、荒草地和退耕地水分活跃层较深,土壤水分循环深度比黑豆地和谷子地大,从调节土壤水分功能来看,柠条地、荒草地的调节能力要比作物地好.

313 不同土地利用类型土壤水分平衡计算分析

地表径流量不仅受植被影响,而且与降水量、降雨强度、土壤含水率等因素有关.从观测期内的测定数据看,地表径流均发生在 7) 8 月份.径流总量占降水量的比重并不大,径流系数从柠条地的 11.9% 到黑豆地的 41.6%;从径流总量看,黑豆和谷子小区要比退耕、荒草和柠条小区多,径流量最多的黑豆小区是柠条小区径流量的 215 倍左右(表 2),由此可见柠条等草灌木在保持水土中的重要作用.

在整个观测期内,除柠条小区储水量有所减少(减少约 1 mm)外,荒草地小区基本维持不变(增加 3 mm),退耕小区、黑豆小区和谷子小区分别增加了 2110、1912 和 4317 mm,见表 2.通过分析观测期内各项水分要素的变化情况,根据水量平衡原理可计算出各小区类型的蒸发散量(表 2),5 个小区的蒸散耗水量大小依次为柠条地> 荒草地> 退耕地> 黑豆地> 谷子地,原因可能是农作物播种前没有翻耕、施肥,土壤肥力较差,株苗间距偏大,作物长势不好,造成其蒸腾耗水小于其他几种土地利用类型.

表 2 各小区作物水分平衡计算

TABLE 2 Water equilibrium calculation of different land use patterns

小区类型	降雨量Pmm	产流次数	径流量Pmm	径流系数P%	土壤储水量变化Pmm	蒸发散量Pmm
退耕地	4151.0	5	121.00	21.9	2110	3821.0
柠条地	4151.0	6	81.00	11.9	- 110	4081.0
荒草地	4151.0	4	101.00	21.4	313	4011.7
黑豆地	4151.0	8	191.00	41.6	1912	3761.8
谷子地	4151.0	7	171.00	41.1	4317	3541.3

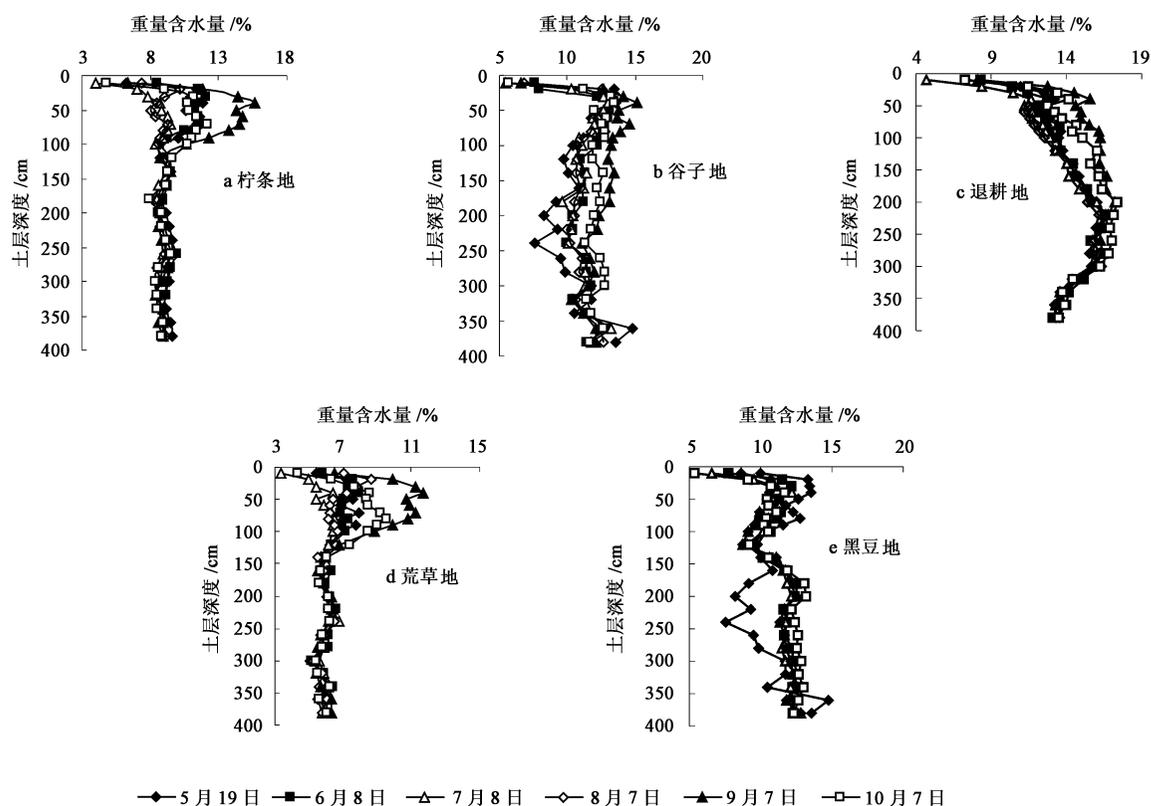


图3 各土地利用类型土壤水分垂直剖面分布特征

FIGURE 3 Hypsometric changes of soil water content of different land use patterns

4 结 论

1) 不同土地利用方式下的土壤储水量动态变化趋势与降雨量的变化趋势基本一致, 土壤储水量的最高值和最低值分别出现在每年的6月上旬和7月上旬. 无论是柠条地、草地, 还是作物地, 0~40 cm 范围内的水分分布变化最大, 2 m 及以下土层由于根系吸水强度减弱, 土壤储水量的变幅平缓.

2) 在整个观测期内, 各小区土壤水分循环过程基本均为(消耗) 补偿) 消耗0, 在土壤水分补偿期和土壤水分缓慢蒸发期, 水分在剖面上的分布随土层深度的增加而减少, 其他时期则相反.

3) 5个小区的蒸散耗水量大小依次为柠条地> 荒草地> 退耕地> 黑豆地> 谷子地, 径流量大小依次为黑豆地> 谷子地> 退耕地> 荒草地> 柠条地, 柠条蒸散耗水量最大, 地表径流量最少, 说明柠条灌丛具有良好的水保效益和较高的水分利用率, 这对于该区域水保植被的选择具有指导意义.

参 考 文 献

[1] 唐克丽, 候庆春, 王斌科, 等. 黄土高原水蚀风蚀交错带和神木试区的环境背景及整治方向[J]. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1993, 12(18): 12151
TANG K L, HOU Q C, WANG B K, et al. Environment background and administration way of wind&water erosion crisscross region and Shenmu Experimental Area on the Loess Plateau [J]. Memoir of

Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, 1993, 12(18): 12151
[2] 贾恒义, 雍绍萍, 王富乾. 神木试区的土壤资源[J]. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1993, 12(18): 36246
JIA H Y, YONG S P, WANG F Q. Soil resources in the Shenmu Experimental Area[J]. Memoir of Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, 1993, 12(18): 36246
[3] 杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001
YANG W Z, SHAO M A. Studies on the soil moisture on the Loess Plateau [M]. Beijing: Science Press, 2001
[4] 贾志清, 宋桂萍, 李清河, 等. 宁南山区典型流域土壤水分动态变化规律研究[J]. 北京林业大学学报, 1997, 19(3): 15220
JIA Z Q, SONG G P, LI Q H, et al. Study on soil moisture dynamic variation law of typical watershed in the southern mountainous area of Ningxia Hui Autonomous Region [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1997, 19(3): 15220
[5] 刘春利, 邵明安. 六道沟流域典型坡面不同土地利用方式下土壤水分动态变化研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 542561
LIU C L, SHAO M A. Studies on dynamic changes of water contents of soil under different land uses in Liudaogou Basin [J]. Chinese Journal of Eco2Agriculture, 2006, 14(4): 542561
[6] 陈洪松, 邵明安, 王克林. 黄土区荒草地和裸地土壤水分的循环特征[J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1 853 1 857.
CHEN H S, SHAO M A, WANG K L. Water cycling characteristics of grassland and bare land soils on the Loess Plateau [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(10): 1 853 1 857

(责任编辑 李)