

喀斯特坡地不同土地利用类型土壤水分差异性研究*

傅伟^{1,2} 陈洪松^{1,2} 王克林^{1,2}

(1. 中国科学院环江喀斯特农业生态试验站 环江 547100;
2. 中国科学院亚热带农业生态所 长沙 410125)

摘要 对比分析桂西北喀斯特坡地5种土地利用类型0~20cm表层土壤含水量的差异,结果表明:喀斯特生境条件下坡地土壤含水量受降水的影响明显,雨季和旱季差异显著。各土地利用类型间,灌丛类型由于枯枝落叶层而增强了土壤的保水持水能力;生态恢复林(板栗、木豆)种植初期,土表接近于裸地,蒸发强烈,应采取一定的蓄水保墒措施;混种有匍匐类作物的复垦坡耕地,其土壤水分条件则与撂荒多年草地相似。比较土壤层间含水量的季节差异,灌丛类型土壤有明显的层间蓄水补水能力。喀斯特山地应通过建立合理的土地利用类型,改变地表覆被状况进而改善土壤水分条件,为生态重建服务。

关键词 喀斯特 坡地 土地利用 土壤含水量 生态重建

Variability in soil moisture under five land use types in Karst hillslope territory. FU Wei^{1,2}, CHEN Hong-Song^{1,2}, WANG Ke-Lin^{1,2} (1. Huanjiang Karst Agro-ecological Experiment Station, Chinese Academy of Sciences, Huanjiang 547100, China; 2. Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China), *CJEA*, 2007, 15(5): 59~62

Abstract Hillslope soil moisture content in a typical Karst territory of Huanjiang County, Guangxi Autonomous Region was observed and gauged from four layers (0~5cm, 5~10cm, 10~15cm and 15~20cm) under five different land use types. Results show that in Karst Areas, soil moisture content is very much influenced by precipitation, with conspicuous moisture difference between rainy and drought seasons. Shrubbery has the capacity to enhance soil water conservation by a factor of a litter. At the incipient stage of eco-restoration, soil moisture under chestnut and pigeon pea is very much alike, being similar to that of bare soil. When under creeping vegetation, slope soil moisture condition improves at a factor equal to that of grassland. Comparison of soil moisture content in the different layers under the five land use types for three different seasons—rainy season, rain-drought transition season and drought season show superiority of shrubbery over the other vegetations in their capacity to conserve and distribute water in the soil layers. Therefore, in the Karst mountain area of Huanjiang County, it is possible to improve soil moisture condition by rational land use, especially through ecological restoration.

Key words Karst, Hillslope, Land use, Soil moisture content, Ecological restoration

(Received May 22, 2006; revised July 28, 2006)

我国西南喀斯特地区生态脆弱^[1~7],但就喀斯特地区内地貌位置的不同,生态环境脆弱性的表现也存在差异,洼地受洪涝威胁的作用较明显,山区坡地则主要受石漠化、干旱作用的胁迫^[4~7]。西南黔、滇、桂3省(区)连片分布的喀斯特山区面积达32万km²,占该区总面积的55.6%,坡地在农业利用中的比例大,仅坡耕地在该区总耕地面积中的比重就达72%^[8,9]。研究喀斯特土地利用的土壤水分效应对于保障该区生态环境安全,尤其是增强坡地克服干旱胁迫,从而防治坡地石漠化、增强坡地土壤保墒抗旱能力具有极其重要的意义^[10~13]。本试验研究了喀斯特坡地不同土地利用类型土壤水分的差异,为坡地生态重建中合理利用土地提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于桂西北部环江毛南族自治县古周村干洞屯,为一个半封闭的峰丛洼地单元,区域内最低点

* 中国科学院西部行动计划(KZCX2-XB2-08)、国家自然科学基金项目(40501034)、中国科学院知识创新工程领域前沿项目(01200220055413)资助

收稿日期:2006-05-22 改回日期:2006-07-28

海拔 376m,与最高点海拔相差 440m。该地区多年平均气温 16.5~20.5℃,多年平均降雨量 1389.1mm,雨季平均持续 130~140d,主要集中在 4~8 月份,尤以 6 月中旬至 7 月中旬最多,达 350~460mm,常出现涝灾。9 月至次年 3 月为旱季,各月平均降水量在 90mm 以下。区内自然植被以灌木群落和草丛群落为主,主要为喜 Ca、耐旱耐瘠的先锋树种和草类,分布在岩石裸露、土层浅薄的坡地。区内坡地 70%~80% 坡度在 25°以上,1996 年以前有近 10% 坡地耕种,皆种玉米,轮作黄豆。由于坡度较大,坡耕地水土流失严重,开垦坡地均有不同程度的石漠化,严重的坡地裸露率达 70%。作为生态移民的迁出区,1996 年底该村开始迁出部分村民,坡地退耕还林还草,主要为撂荒地,之后逐步建立了板栗与木豆等生态经济林。

1.2 研究方法

在坡度为 31°的坡地(坡向为东偏北 32°)上选择灌丛、撂荒地、复垦坡耕地、板栗、木豆等 5 种覆被类型(表 1),采用传统的烘干法,观测其土壤水分的动态变化。由于坡地土层浅薄,平均厚度仅 25cm,故用测

表 1 样地描述

Tab.1 Conditions of the observed sites

土地利用类型	植被种类	海拔/m	黏粒/%	土壤容重*/g·cm ⁻³	pH	备注
Land use type	Vegetation type	Altitude	Clay content	Soil bulk density	(H ₂ O)	Remark
灌丛	圆叶乌柏、龙须藤、火棘、南酸枣	444	41.9	1.03	7.14	存在 20 多年
撂荒地	黄茅、苔草	440	43.0	0.96	6.56	1996 年撂荒
复垦坡耕地	混作有南瓜、辣椒、西红柿、烟叶	442	49.2	1.14	6.81	1996 年撂荒,2003 年栽种
板栗	板栗	417	24.5	1.18	6.56	2002 年栽种
木豆	木豆、少量龙须草与广西绣线菊	417	29.4	1.32	6.87	2003 年栽种

* 容重于 2004 年 9 月采用环刀法采集测定。

深为 5cm 的小土钻,分别测得 0~5cm、5~10cm、10~15cm、15~20cm 4 个层次的土壤水分,每层 10 个重复。采样时间间隔为半个月,从 2004 年 5 月初至次年 1 月底,跨越当年的雨季、旱季,进行了 18 次定期观测,与 2004 年 3 月 12 日的一次随机采样,共得到 19 次采样近 1 年的数据。区内降雨量由自记雨量计每天测定。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用类型土壤水分的动态变化

图 1 表明,桂西北峰丛洼地区域土壤水分变化与降水的季节变化有明显的一致性,即两者都可分为雨季(2004 年 5~9 月)和旱季(2004 年 10 月至 2005 年 1 月)2 个阶段。表 2 坡面各土地利用类型土壤水分变异系数的季节

表 2 不同土地利用类型土壤水分统计

Tab.2 Comparison of statistical characteristic of soil moisture among different land use types

土地利用类型	变化幅度/%	均值/%	正距平/%	负距平/%	标准差/%	变异系数/%	
						雨季	旱季
Land use type	Range	Mean	Positive departure	Negative departure	Standard variance	Raining season	Drought season
灌丛	29.01	36.32	8.84	-20.17	7.45	7	24
撂荒地	18.17	26.96	8.18	-10.00	5.22	12	17
复垦坡耕地	19.72	28.57	7.90	-11.82	5.42	9	22
板栗	16.57	19.37	8.82	-7.75	4.82	15	24
木豆	14.20	18.81	6.31	-7.89	4.15	9	23

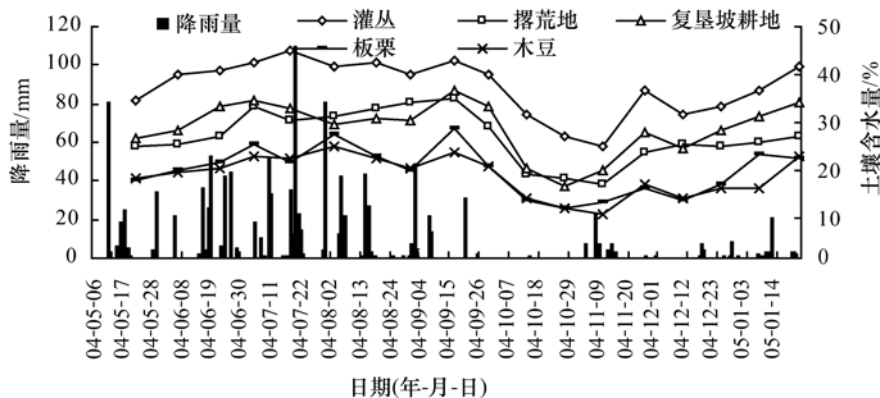


图 1 不同土地利用类型土壤含水量与降水的年内动态比较

Fig.1 Comparison of the annual dynamic change between soil water contents and precipitation among different land use types

比较也进一步说明,相对于雨季而言,旱季土壤水分波动变化较剧烈。图 1 及表 2 也不同程度反映了不同土地利用类型之间土壤含水量的差异,说明土地利用方式会影响土壤水分条件。

2.2 不同土地利用类型间土壤水分差异比较

利用 SPSS11.0 对 2004 年 3 月至 2005 年 1 月共 19 次的土壤水分观测数据进行方差分析,因素检验表明土地利用类型对土壤含水量的影响强于时间变化对土壤含水量的影响。影响土壤水分的土地利用类型因素的 Post Hoc 检验(见表 3)将 5 种土地利用类型按照土壤水分含量的差异归纳为 3 类:灌丛、复垦坡耕地与撂荒地、板栗与木豆。

结合图 1 与表 2,灌丛土壤水分含量在观测过程中位于一个高值水平,年均值达 36.32%;撂荒地和复垦坡耕地则处于中等水平;板栗、木豆的土壤水分含量最低。土壤水分含量变化幅度与均值在不同土地利用类型间的差异规律类似,两个指标值由高到低均依次为灌丛、复垦坡耕地、撂荒地、板栗、木豆;正距平值在类型间的差异小,而负距平值差异明显;标准差则是灌丛 > 复垦坡耕地 > 撂荒地 > 板栗 > 木豆;灌丛变异系数季节差异最明显,其次是木豆、复垦坡耕地、板栗,撂荒地则不明显。

综上所述,灌丛土壤水分含量高,年内波动变化明显,雨季、旱季差异明显,且保水持水能力强;其负距平的绝对值最大,也体现在雨水补给不足时,其土壤中的水分能被植被根系充分利用。复垦坡耕地与撂荒地两种类型土壤水分含量略低,且动态变化也略微和缓,但撂荒草地土壤水分季节波动差异较小,复垦坡耕地则与灌丛类似,其土壤水分的季节波动显著,表明在农作坡耕地中混作南瓜等匍匐类作物,能够改善土壤水分条件。板栗与木豆的土壤水分含量水平最低,但两者土壤水分波动性都与灌丛、复垦坡耕地类似,且板栗土壤水分含量的季节差异明显,变化波动比较剧烈。

2.3 各土地利用类型土层间水分含量在不同时段的比较

应用 SPSS11.0 对 5 种土地利用类型 0~5cm、5~10cm、10~15cm、15~20cm 4 个土壤层含水量的动态观测值进行方差分析,不同土壤层以及不同观测时间下的土壤水含量差异都很显著,但对土壤含水量的影响季节变化大于土层变化,变异贡献率见表 4,表明在季节变化的影响下,土壤水含量的层间差异不显著,今后对喀斯特坡地土壤水分的研究中,0~20cm 层次内土壤含水量差

表 4 各因素对土壤含水量变异贡献率的比较

Tab.4 Comparison of values of Eta² among different factors

土地利用类型	土层因素	采样时间因素
Land use type	Factor of soil layer	Factor of time
灌 丛	0.176	0.743
撂荒地	0.014	0.718
复垦坡耕地	0.092	0.797
板 栗	0.095	0.850
木 豆	0.058	0.839

表 3 土地利用类型因素的 Post Hoc 检验

Tab.3 Post Hoc Test of factors of land uses

土地利用类型	样本数	均衡子集 Subset		
Land use type	Sample no.	1	2	3
木 豆	19	18.81		
板 栗	19	19.73		
撂荒地	19		26.96	
复垦坡耕地	19		28.57	
灌 丛	19			36.32
Sig.		0.294	0.069	1.000

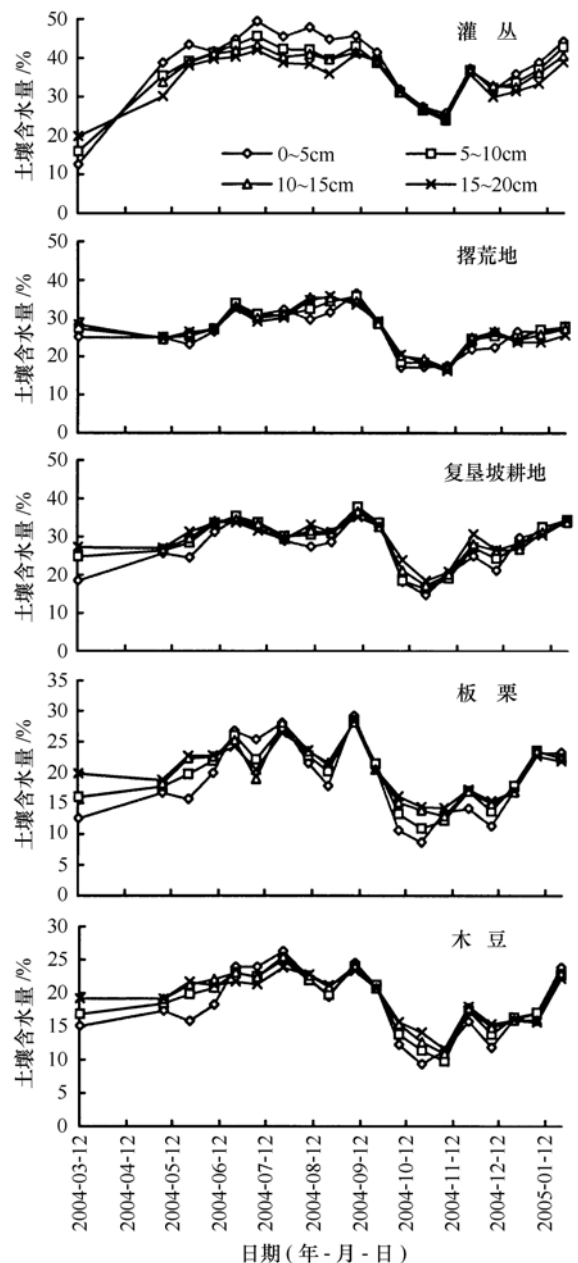


图 2 各覆被类型土层水分含量的动态变化

Fig.2 Dynamic changes of soil water contents of various land uses

异小,可将其作为 1 个层次来考虑。另外,尽管土壤水分在层次上的差异不十分显著,但各土地利用类型土壤水分受土层影响的程度也存在差异,灌丛类型土层间含水量差异最大,其次是板栗、复垦坡耕地,撂荒地最低。图 2 表明,灌丛土壤含水量由表层向底层依次降低,但在由雨季向旱季过渡的 9~11 月期间,土壤水分层间无差异;而其他 4 个类型土壤含水量则一般由表层向底层升高,但在降雨丰富的短期内,可能出现与灌丛类似的土壤水分层间变化趋势。

灌丛表层土壤水含量高,主要由于枯枝落叶层的存在能对表层土及时补水以及防止水分蒸散。有研究表明枯枝落叶层具有减缓减少地表径流,增加土壤水分下渗,涵养水源的作用^[14,15]。灌丛地表 2~3cm 厚枯叶层即达到了其保持水土的有效厚度^[16],表层土壤受到枯叶层中滞留水分的补给,水分含量高于次表层。雨季降水丰富,枯叶层持水量增大,表层土含水量升高,且该季节也是植物蒸腾作用最为旺盛时期,接近根系的土壤底层土壤含水量相对较低,致使土壤水分层间差异最大。雨季向旱季的过渡期,因周围环境蒸发作用强,地表枯叶层中水分散失后,形成与表层土不接触的覆盖层,有效防止土壤中的水分蒸散,且土壤层间受外界环境的干扰作用降低,层间含水量差异变小。

其他 4 种土地利用类型缺少枯枝落叶层,土层结构变得简单,土壤含水量随土层深度增加而升高,土层厚度浅,也降低了土壤保水持水的能力。雨季降水丰富,雨水容易渗到整个土壤层,层间差异小;而在雨季向旱季的过渡期,表层土主要受地表蒸发作用,水分容易散失,与相对湿润的土壤底层产生差异。综上所述,极端干旱情况下灌丛类型有明显的土壤层间补水能力,而板栗、木豆、复垦坡耕地、撂荒地 4 种类型土壤则缺乏这种能力。

3 小 结

喀斯特坡地土壤含水量主要受降水的影响,分为明显的雨季、旱季变化。不同土地利用类型对土壤水分含量的影响存在差异:灌丛类型存在枯枝落叶层,土壤保水持水能力强,表层土尤为明显,在雨季向旱季过渡的极端旱早期,层间具有补水作用,层间水分差异小;撂荒草地、复垦坡耕地分别借助草被、匍匐类作物减弱地表蒸发,一定程度上保持了土壤水分;生态恢复林建立初期的板栗、木豆植被覆盖度低,土壤水分受蒸散作用显著。在喀斯特坡地利用以及生态重建过程中,可借助适当混种、套种匍匐类农作物,建立类似撂荒草地土壤水分条件的坡地土地利用方式,以适应喀斯特坡地干旱生境的特点;也可通过人工加盖枯枝落叶层,增强坡地土壤的保水持水能力,提高土壤在少雨期抵御干旱的能力,这在生态重建林建设初期,保证生态林成活率有积极作用。

参 考 文 献

- 1 袁道先.我国西南岩溶山地的环境地质问题.世界科技研究与发展,1997,19(5):41~43
- 2 张殿发,王世杰,周德全,等.贵州省喀斯特地区土地石漠化的内动力作用机制.水土保持通报,2001,21(4):1~5
- 3 李阳兵,谢德体,魏朝富,等.西南岩溶山地生态脆弱性研究.中国岩溶,2002,21(1):25~29
- 4 杨明德,梁 虹.峰丛洼地形成动力过程与水资源开发利用.中国岩溶,2000,19(1):44~51
- 5 赵翠薇.岩溶峰丛洼地的农业生态效应研究.中国岩溶,1998,17(2):133~140
- 6 陈洪松,王克林.岩溶干旱特征及其治理对策.农业现代化研究,2004,25(专刊):70~73
- 7 王克林,章春华.湘西喀斯特山区生态环境问题与综合治理战略.山地学报,1999,17(2):125~130
- 8 欧阳自远.中国西南喀斯特生态脆弱区的综合治理与开发脱贫.世界科技研究与发展,1998,20(2):53~56
- 9 李应忠,毕于运.滇黔桂岩溶地区资源、人口、环境分析与对策.中国农业资源与区划,1996(5):19~23
- 10 李阳兵,高 明,魏朝富,等.岩溶山地不同土地利用土壤的水分特性差异.水土保持学报,2003,17(5):63~66
- 11 刘海隆,蒋太明,刘洪斌,等.不同土地利用方式对岩溶山区旱坡地土壤水分时空分异的影响.土壤学报,2005,42(3):428~433
- 12 傅 伟,王克林,陈洪松,等.喀斯特峰丛洼地坡面土壤水分动态变化的时序分析.水土保持学报,2005,19(4):111~114,155
- 13 张继光,陈洪松,苏以荣,等.喀斯特地区典型峰丛洼地表层土壤水分空间变异及合理取样数研究.水土保持学报,2006,20(2):114~117,134
- 14 吴钦孝,赵鸿雁,刘向东,等.森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价.土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(2):23~28
- 15 赵鸿雁,吴钦孝,刘国彬.黄土高原人工油松林枯枝落叶层的水土保持功能研究.林业科学,2003,39(1):168~172
- 16 吴钦孝,赵鸿雁,韩 冰.黄土高原森林枯枝落叶层保持水土的有效性.西北农林科技大学学报,2001,29(5):95~98