

# 贵州省喀斯特峡谷花椒林地土壤水分特征研究

彭 熙<sup>1</sup>, 钱晓刚<sup>2</sup>, 杨 滨<sup>3</sup>

(1. 贵州省科学院 喀斯特资源环境与发展研究中心, 贵州 贵阳 550001;

2. 贵州大学 农学院, 贵州 贵阳 550025; 3. 贵州省贵阳市花溪区农业局, 贵州 贵阳 550025)

**摘 要:** 以贵州省花江喀斯特峡谷花椒林地土壤水分全年的动态变化特征为研究对象, 分析了土壤含水量与土壤结构、植被间的关系以及不同土壤层次水分动态变化规律, 划分出了土壤水分垂直变动带。研究结果表明, 表土层土壤蓄水能力大于底土层, 土壤实际含水量表现为林地高于休闲地, 土壤深层高于表层。表层水分变化最快, 影响因素为大气降水与裸间蒸发。中间层次之, 主要受蒸腾作用及水分垂直运动特征影响, 底层最慢, 其持水量受土壤结构的影响。土壤水分垂直变动带划分结果为: 0—20 cm 为强烈变动带, 20—50 cm 为过渡带, 50 cm 以下为稳定带。

**关键词:** 喀斯特; 林地; 土壤水分; 变化特征; 变化带

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000—288X(2007)06—0170—04

**中图分类号:** S152.75

## Characteristics of Soil Moisture on *Zanthoxylum* Forest Land in Karst Valley of Guizhou Province

PENG Xi<sup>1</sup>, QIAN Xiao-gang<sup>2</sup>, YANG-bin<sup>2</sup>

(1. Research Center of Karst Resources, Environment and Development of Guizhou,

Guizhou Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550001, China; 2. College of Agriculture, Guizhou

University, Guiyang, Guizhou 550025, China; 3. Agriculture Bureau of Huaxi District, Guiyang, Guizhou 550025, China)

**Abstract:** This study takes the dynamic characteristics of soil moisture of a whole year on *Zanthoxylum* Forest land in Huajiang karst valley, Guizhou Province as the overall objective. The relationships between soil water content and soil structure, vegetation characteristics, and the dynamics of soil moisture in different soil layers are analyzed and the change zones of soil water content in vertical direction are divided. Results indicate that water holding capacity of topsoil is higher than that of subsoil. The actual water content on forest land is higher than fallow land, and in deeper soil, higher than surface soil. Soil water content within topsoil changes fastest due to the effects of evaporation and precipitation and it follows by intermediate layer and deepest layer due to the effects of transpiration and soil structure, respectively. Vertical change zone of soil moisture can be divided as follow: 0—20 cm is the rapidly changing layer, 20—50 cm is the transitional layer, and >50 cm is the stable layer.

**Keywords:** karst; forest land; soil moisture; change characteristics; change zone

土壤是由土粒、水和空气组成的三相体。土壤水分关系到植物正常的生长发育, 是地表水与地下水相互转化的纽带, 是土壤科学研究的重要内容之一。但由于降水、蒸发等作用的时空变化, 土壤水分动态在不同时间、不同土壤深度和不同地表覆盖下均呈现出不同的变化特征<sup>[1]</sup>。花江峡谷区较其它地区温度高, 降水少, 蒸发大, 导致作物生长更趋缺水<sup>[2]</sup>。因此, 土

壤持水规律的研究对于合理利用山区有限的水资源, 实现可持续利用有重大意义。

## 1 研究区概况

花江峡谷位于贵州省西南部关岭县和贞丰县交接处的北盘江花江段, 研究区海拔高度 400~1 100 m, 地势陡峭, 河谷深切, 地下水深埋, 土层浅薄, 耕地

收稿日期: 2007-02-06 修回日期: 2007-08-14

资助项目: 国家 973 计划(2006CB403204); 国家“十五”科技攻关项目(2004BA606A-09)

作者简介: 彭熙(1978—), 男(汉族), 四川省大英县人, 助理研究员, 硕士, 主要从事喀斯特区域 SPAC 系统水分传输、水土保持及生态建设方面的研究。pengxi7979@163.com。

通讯作者: 钱晓刚(1954—), 男(汉族), 贵州省遵义市人, 教授, 主要从事土壤及相关科学研究。E-mail: xgqianxgqian@163.com。

少,土质差,水土流失严重,地表干旱严重,植被次生性明显,热量资源丰富,生境干热特征显著,林冠覆盖率低,非耕地资源丰富,属重度石漠化脆弱生态系统。干旱是当地主要的环境灾害,是生态系统脆弱和环境承载力低的主要驱动因子。

2 材料与方法

试验时间从 2004 年 7 月开始,2005 年 6 月结束,根据坡度、坡向、坡位、土壤、林分郁闭度等因子在研究区内选取有代表性样点对 2 种模式下土壤水分进行对比实验,观测内容包括土壤常规参数的测定、植株蒸腾、棵间蒸发、土壤水分变化。

(1) 土壤基本参数的测定。包括:土壤容重、土壤比重、凋萎系数、田间持水量、饱和持水量、总孔度、毛管孔度、通气孔度等,均采用常规的分析方法,具体见参考资料[3—4]。

(2) 土壤水分的测定。每月或隔月下旬,于花椒林地与休闲地分别取样,按照土壤的垂直深度不同设

0—20 cm,20—50 cm,50—80 cm 这 3 个水平,2 次重复,用铝盒取土封闭后带回实验室用烘干称重法进行测定。

(3) 棵间蒸发量用测渗学法(蒸渗仪法)测定<sup>[5]</sup>

$$\Delta W = (W_2 - W_1 - P) / S$$

式中:  $\Delta W$ ——蒸发器内 1 d 质量增量;  $W_2, W_1$ ——分别为第 2 d 和第 1 d 实测土壤重量;  $P$ ——该时段降雨量;  $S$ ——蒸发器底面积。

(4) 植株蒸腾速率采用快速称重法测定<sup>[6-7]</sup>

$$E_v = W / (T \cdot S)$$

式中:  $E_v$ ——蒸腾速率;  $W$ ——两次称重质量差异;  $T$ ——两次称重的间隔时间;  $S$ ——称重花椒的叶片面积。

3 结果与分析

3.1 花椒林地土壤水分与土壤结构间的关系

3.1.1 花椒林地土壤结构 花椒林地土壤物理性状见表 1,土壤对雨水的接纳能力见表 2。

表 1 花椒林地土壤物理性状

取样深度/cm	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	田间持水量/%	饱和持水量/%	总孔度/%	通气孔度/%
0—10	2.565	1.30	26.60	36.58	49.31	13.15
10—20	2.565	1.30	26.60	36.58	49.31	13.15
20—30	2.574	1.35	24.50	34.14	47.55	12.37
30—40	2.574	1.35	24.50	34.14	47.55	12.37
40—60	2.569	1.38	25.70	33.01	46.28	8.19
60—80	2.598	1.37	24.70	34.15	47.27	10.30

从表 1 可以看出,土壤比重和容重从上至下逐渐增大,这是由于花椒根系集中分布于 50 cm 以内土层,越往下根系数量越少,花椒根系对土壤的破碎程度降低,使得孔隙状况产生差异的缘故。土壤中毛管持水量主要由土壤中毛管数量决定,与毛管孔隙度变化一致,即总体上由上到下依次减小;土壤总孔隙包括毛管孔隙与非毛管孔隙,饱和持水量是毛管持水量与非毛管持水量的总和,它们的变化密切相关,趋势一致。通过以上分析可以看出,在农田土壤结构各项指标中,土壤比重和容重从上至下总体上依次加大,而田间持水量、饱和持水量、总孔度及通气孔度都随着深度增加而呈减小趋势。

3.1.2 土壤持水能力与土壤结构的关系 不同深度土壤持水能力可由土壤水总库容变化来反应,通过人工灌水的方式使土壤含水量达到饱和状态,再测定其不同层次土壤水含量,结果见表 2。

表 2 不同深度土壤库容比较

土壤类型	取样深度/cm	土壤水库库容	
		库容深/mm	库容量/m <sup>3</sup>
厚层石灰土	0—20	98.62	986.2
	0—50	239.64	2 396.4
	0—80	380.46	3 804.6
薄层石灰土	0—20	100.46	1 004.6
	0—50	244.78	2 447.8

表 2 可以看出,随着土壤深度的增加,土壤库容量逐渐增大,但库容量的增加并不与土壤深度成正比,即不同土壤深度的土壤库容与土壤深度之间的比值并不是惟一固定的,越近地表,比值越大;反之,土层深度越深,这个比例越小。这个结果表明浅层土壤持水能力比深层土壤强,与前面的理论分析相一致。其原因在于花椒根系主要分布于上层土壤,根系促进

土壤毛管数量增加,因而土壤疏松,结构性好,而下层不透水不透气,孔隙度降低,因而结构致密,结构性差,容重较大,持水能力较低。

### 3.2 土壤水分季节动态变化

#### 3.2.1 林地与休闲地全年土壤水分变化 林地与休闲地不同土层含水量如图 1。

从数量上看,林地不同土层含水量均高于休闲地对应土层,其中表层土壤水分含量高 2%~3%,深层土高 5%~8%,在每年冬季作用更为明显,说明花椒林具有较好的保水效果;从变化趋势上看,林地与休闲地相同土层含水量变化趋势相近,但无论是林地还是休闲地,同一植被不同土层变化差异仍较大,说明土壤水分变化趋势受地面蒸发量影响大,其主要原因在于当地气温较高,地表蒸发量大,使水分变化快,因此,相同土层变化趋势相对一致。从全年总体情况看,夏季含水量较高,冬季较低,春秋两季处于中间水平。表层土壤含水量最高时期在每年的 7—8 月,接近 30%,从 3 月到 6 月基本上保持逐渐增加的趋势,而 8 月以后又逐渐降低,到 12 月时达到最低,为 15% 左右。深层土含水量 6 月最大,最小值仍然在 12 月前后。表层土壤含水量变化更快,变幅更大。林地深层土壤水一般维持在 25%~35% 之间,休闲地在 20%~30% 之间,其极值出现的时间不同土层略有差异。

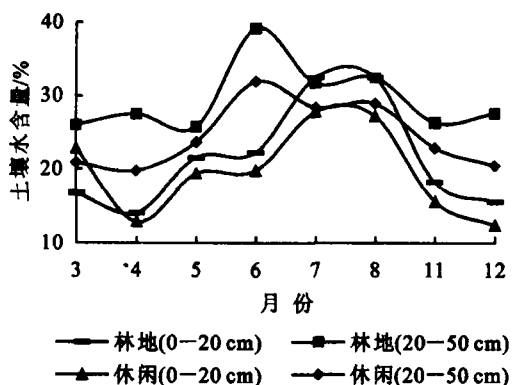


图 1 不同植被及土层土壤含水率动态变化

3.2.2 表层土壤含水规律 研究区地下水深埋,土壤水分收入主要是大气降水,通过表层土壤含水量与全年降雨量曲线的对比研究发现,两者之间有着极为密切的关系,其最大值、最小值、变化趋势等有关表现如图 2。当降雨多时,抑制蒸发作用的进行,其含水量增加;当长时间没有降雨或者雨量比较小时,蒸发数量大,土壤含水量低。从土壤含水状况来看,表层土含水量一般处于最低水平,其变化不如降雨量变化明显。因为土壤自身有一定的缓冲作用,当雨量较大时,雨水就地入渗进入深层土,当长时间不下雨,深层

土壤水又通过毛细管道补充表土蒸发而减少的水分。但由于表层土壤与大气紧密相连,温度的增加使蒸发加大,蒸发作用极大地影响了表层土壤水含量,使表层土壤经常处于强烈时期,但表土变化幅度仍较其它土层大。

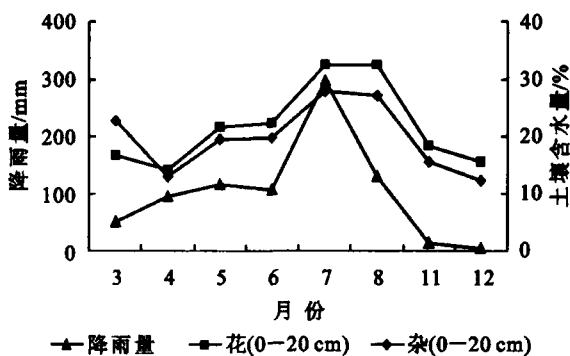


图 2 表层土壤含水量与降雨量拟合曲线

3.2.3 中间层土壤含水规律 对于中间层土壤而言,全年水分变幅相对较小,含水量一般比表层同期含水量多,最大值出现在每年的 6 月,其全年动态曲线与温度和降雨都有明显的相似之处。夏季时降雨量大,就地入渗增多,受蒸发影响比大气降雨影响小,含水量总体保持在一个较高的水平。需要指出的是 20—50 cm 土层分布较多的花椒根系,是蒸腾作用最直接的耗水区,因此这一层是受蒸腾影响最大的一层,也是水分损失最多的一层。但由于与上下两层土壤的水势差,使水分发生垂直运动,当蒸腾过多时,深层土壤水分不断向中间层运输。当降雨较大时,雨水入渗也可以补充因蒸腾作用引起的水分损失,因此,这一层土壤含水量较表层稳定。

3.2.4 下层土壤含水规律 在花江峡谷区,50 cm 以下土壤含水是中间层土壤蒸腾耗水的主要支持,但受土壤结构影响,其持水能力有限,这主要是由于花江峡谷土层浅薄,花椒属须根系作物,50 cm 以下的土壤根系较少,结构性相对较差,基本上不受蒸发的影响,受蒸腾作用影响不及中间层大,这一层土壤容重与密度均较大,孔隙度较小,田间持水量及饱和持水量较低,通过土壤库容的测定可以看出,这一层土壤的持水能力较弱,蓄水潜力相对较弱,主要受土壤结构的影响。但在未达到饱和状态时,仍能保持较高的含水量,特别是在干旱暑期,越往下含水量最高,这部分水分是土壤抗旱最有力的保证。

### 3.3 土壤含水量变动带的划分

根据土壤结构以及蒸腾蒸发对土壤含水量的影响规律,可以将土壤水分从上至下分为 3 个带,即:强烈变动带、过渡带与稳定带。强烈变动带位于土壤表层,降水补给与蒸发过程交替发生,是水分变动最为

频繁的地方。区内一次性降雨一般在 30 mm 以下,根据所作的模拟入渗实验可知,正常土壤含水条件下,20 cm 土层总库容为 98 mm,当土壤含水量在 20% 时,可以一次性容纳 30 mm 降雨量,虽然在毛细管道与重力的共同作用下,有部分下渗,但变化较慢,故 0—20 cm 为花江峡谷区土壤的强烈变动带。

中间层是根系分布的主要场所,散失的水分最多,上下两层均有不同数量的水分向这一层输送,因而这一层水分总是相对稳定的。根据花椒的根系特征可以确定 20—50 cm 为该区水分过渡带。由于区内土层浅薄,石漠化现象严重,过渡层成了项目区水分保持的主要场所,是进行水分上下传输的枢纽。

50 cm 以下的土壤受外界影响较小,水分相对稳定,故也可当作水分的稳定带。同时花江地区大石板数量较多,石板下面的土壤由于接受降雨与蒸发的数量极小,含水量相对稳定,也是花椒能在当地石缝之间生存而最终形成产业的重要原因。因此该地区土壤水分的稳定带不同于一般的土壤,这部分水分对当地的花椒冬季抗旱起着极为重要的作用。

## 4 结论

(1) 花江峡谷林地不同土壤层次含水量均不同程度高于休闲地相应土层,但不同植被的相同土层土壤水分全年变化趋势基本保持一致,变化频度和变幅略有差异,表层含水低,变化幅度大,变化快,中间层含水量较高,缓冲性大,变幅相对稳定。

(2) 土壤结构由上至下呈现一定的变化趋势,且饱和持水量与田间持水量与土壤结构有明显关系。

随土壤深层的增加,土壤密度和容重均增大,孔隙度和持水量均减小,持水能力也减小。

(3) 不同土层的土壤水分变化的主要影响因素不一样,0—20 cm 土层主要是受大气降水、温度和棵间蒸发影响,20—50 cm 土层主要受作物蒸腾及水分垂直运动影响,而下层影响因素较少,主要用于补充由蒸腾作用引起的中间层水分减少,其持水能力受孔隙状况的限制。

(4) 按土壤水分影响因素及变化情况,将当地土壤由上至下分为 3 带,0—20 cm 为强烈变动带,20—50 cm 为过渡带,50 cm 以下为相对稳定带,不同土壤带水分含量的影响因素不尽相同。

### [参 考 文 献]

- [1] 赵成义,王玉朝. 荒漠绿洲边缘区土壤水分时空动态研究[J]. 水土保持学报,2005,19(1):124—127.
- [2] 王骥,钱晓刚,彭熙. 花江峡谷不同植被类型下土壤水分时空分布特征[J]. 水土保持学报,2006,34(4):15—18.
- [3] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析法[M]. 北京: 科学出版社,1983.
- [4] 国家林业局. 中华人民共和国林业行业标准——森林土壤分析方法 LY/T1210—1275—1999[S]. 北京: 林业出版社,1999.
- [5] 段华平,卞新民,谢小立,等. 农田水循环:地表—大气界面水分传输研究进展[J]. 中国农业气象,2003,24(1):36—40.
- [6] 吴国辉,刘福娟. 植物的蒸腾作用分析[J]. 农机化分析,2004(5):287—287.
- [7] 龚道枝,康绍忠,张建华,等. 苹果树蒸发蒸腾量的测定和计算[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(5):429—431.

## 勘 误

本刊 2007 年第 5 期第 29 页,“近 50 a 来接坝山地气候变化和人为活动对土地沙化的影响”一文图 2 中,纵坐标刻度值应为 3.5,4.5,5.5,6.5,7.5,8.5。特此更正,谨向作者及读者朋友们致歉。

《水土保持通报》编辑部