

# 广东省蕉岭长潭省级自然保护区森林土壤持水性的垂直空间格局研究

林义辉, 张苏峻

(广东省林业局, 广东 广州 510173)

**摘要:**采用 DMAP 网格法分析广东省蕉岭长潭省级自然保护区森林土壤持水性能的分布格局,探讨了不同深度森林土壤物理性质和持水特征的变化规律. 结果表明:森林土壤垂直持水特征表现为:1) 土壤最大持水量、土壤通气孔隙度、土壤总孔隙贮水量及非毛管持水量随土层深度的增加而降低,最小持水量和毛管持水量则表现为先降低,再上升;2) 综合各持水特性来看,0~25 cm 土层与其他层次有显著差异,土壤容重极显著低于其他各土层( $P < 0.0001$ ),通气孔隙度、最小持水量、最大持水量、非毛管持水量、总孔隙持水量极显著高于下层土层( $P < 0.001$ ),毛管持水量与25~50 cm 土层持平( $P > 0.1$ ),50~75 和75~100 cm 土层则各指标差异不显著( $P > 0.1$ ). 可见,0~25 cm 土层比其他土层具有更优的土壤持水性能,对于土壤涵养水源显得尤其重要.

**关键词:**森林土壤; 土层; 持水特征; 长潭自然保护区

中图分类号:Q948.15

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2011)04-0078-04

## Vertical Pattern of Soil Water-Holding Capacity in Changtan Nature Reserve, Jiaoling, Guangdong

LIN Yi-hui, ZHANG Su-jun

(Forestry Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510173, China)

**Abstract:** Vertical patterns of soil water-holding capacity in relation to soil physical characteristics were explored based on samples collected from 66 profiles at depths of 0-25, 25-50, 50-75 and 75-100 cm, using a grid system of 150 m  $\times$  150 m superimposed in Changtan Nature Reserve according to DMAP method. The following 8 attributes, i. e., bulk density (BD), ventilation porosity (VP), water depth (WD), minimum and maximum water-holding capacity (mWHC and MWHC), capillary and non-capillary water holding capacity (CWHC and NCWHC), as well as total water holding capacity (TWHC), were determined. The results showed that in different soil layers, with the increase of soil depth, VP, mWHC and MWHC, CWHC and NCWHC as well as TWHC decreased but BD increased; highly significant differences ( $P < 0.001$ ) in water-holding capacity among soil physical attributes were found in different land uses, and there were highly significant differences ( $P < 0.001$ ) in BD, VP, WD, MWHC, TWHC and NCWHC, with the exception of mWHC and CWHC, which were not significantly different in different soil layers. BD, VP, WD, MWHC, CWHC, NCWHC and TWHC showed highly significant differences ( $P < 0.001$ ), indicating that the 0-25 cm soil layer had significant implications for soil water conservation as compared with other layers.

**Key words:** forest soil; soil layer; water-holding capability; Changtan Nature Reserve

收稿日期:2010-06-28

作者简介:林义辉(1965—),男,高级工程师; E-mail:lyhui@gdf.gov.cn

基金项目:广东省林业局科技专项“广东省森林生态效益监测站建设与研究”部分内容

森林土壤是森林生态系统的重要组成部分,其持水性能决定了土壤抗蚀性和土壤水分供给的有效性,成为地表植被生长和发育的主导因子,也是森林水土保持作用发挥的基础,是森林涵养水源的主体,对于改善生态环境具有积极作用.森林土壤水分是森林植物养分运转的载体和溶剂、通气性的调节剂以及土壤中有毒物质的稀释剂,也是土壤径流的供源.了解土壤的水分物理性质是认识上述作用的前提和基础.土壤水分物理性质不仅决定土壤中水、气、热和生物状况,而且影响土壤中植物营养元素的有效性和供应能力.当前,森林土壤持水特征及其影响因素成为国内外森林生态研究的重要内容<sup>[1-6]</sup>,而国内对南亚热带流域体系的森林土壤持水量的研究却很少系统报道.本文采用软件 DMAP (Distribution mapping software) 附带的 Digitizer 功能将长潭自然保护区数字化,然后利用该软件生成 1 km × 1 km 的网格,通过区域网格化的采样方法研究长潭自然保护区森林土壤持水性能分布规律及森林土壤持水在垂直分布上的变化,为揭示韩江流域森林土壤涵养水源效能提供科学依据.

## 1 研究区概况

本研究区位于广东省蕉岭长潭省级自然保护区(以下称“保护区”),地处广东省东北部,蕉岭县西北部,距县城约 10 km. 地理位置为东经 116°03′ ~ 116°08′,北纬 24°41′ ~ 24°49′,形成南北直线长 16 km,南端和北端宽 6 km,中间峡谷宽 1 km 的双头棒锤状.东连长潭、文福、广福 3 个镇,西邻平远县及蕉岭县长潭镇的百美村,北靠福建省插花山,南包括长潭水库的全部山林,总面积为 5 585.7 hm<sup>2</sup>.

保护区地势由东北向西南倾斜,属武夷山余脉的延伸,地形以丘陵山地为主,山地坡度多在 25° ~ 45°,个别地段在 60°以上.区内地带性土壤主要以红壤为主,北部为中土层红壤,南部为厚层红壤,石窟河两岸为冲积土.土壤腐殖质中至厚,土壤较肥沃.

保护区属中亚热带湿润季风气候区,夏长冬短,高温多雨.平均温度为 19 °C,平均最高气温为 28.5 °C (7 月),平均最低气温为 11.9 °C (1 月);年降水量为 1 730 ~ 1 916 mm,降水量全年分布不均,多集中在春末秋初,雨热同季,3—9 月份降水量占全年降水量的 84%<sup>[7]</sup>.

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置、外业调查与样品采集

采用 DMAP Digitizer 将长潭自然保护区地形图

进行数字化处理,生成 66 个 1 km × 1 km UTM 网格系统.

采样剖面设置在每个网格中心,采用 100 cm<sup>3</sup> 环刀于土层 0 ~ 25、25 ~ 50、50 ~ 75 和 75 ~ 100 cm 4 个层次取样,每层 3 个重复,共采环刀样品 792 个.

### 2.2 室内分析

根据国标《LY/T 1215—1999 森林土壤水分—物理性质的测定》<sup>[8]</sup>进行土壤自然含水量、土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、土壤通气孔隙度、最大持水量、最小持水量、非毛管持水量、毛管持水量和土壤总孔隙持水量的测试与计算.

### 2.3 数据分析与处理

采用统计软件 STATISTICS 5.5 的 Duncan's 多重比较方法进行土壤持水能力及垂直分布特征分析.

## 3 结果与分析

### 3.1 不同土层土壤持水性能的方差分析

土壤容重表现出随土壤深度的增加而增加.0 ~ 25 和 25 ~ 50 cm 层的土壤容重均极显著低于下层土壤 ( $P < 0.000 1$ ).50 ~ 75 和 75 ~ 100 cm 土层之间容重差异不显著 ( $P = 0.276$ ) (图 1A).

土壤自然含水量表现为随土壤深度增加而先减少后增加(图 1B),0 ~ 25、25 ~ 50 cm 层自然含水量显著低于 50 ~ 75 和 75 ~ 100 cm 层 ( $P = 0.027 6$ ).且 0 ~ 25 cm 层高于 25 ~ 50 cm 层,但增幅较小 ( $P = 0.8$ );50 ~ 75 和 75 ~ 100 cm 层则无显著差异.

土壤通气孔隙度、最小持水量、最大持水量和在不同土层中分布规律一致(图 1C ~ 1E),均表现出随土层深度的增加逐渐减小,且 0 ~ 25 cm 土层极显著大于下层土壤 ( $P < 0.000 1$ ),而 25 ~ 50、50 ~ 75 和 75 ~ 100 cm 3 个层次间的差异不显著 ( $P > 0.1$ ).

土壤毛管水可以为植物的根毛和土壤中的细菌所利用,是植物生存的重要水文基础.图 1F 显示,土壤毛管持水量随土层加深表现出 0 ~ 25 cm > 25 ~ 50 cm > 50 ~ 75 cm > 75 ~ 100 cm,但相互间的变化极小(变幅 92.93 ~ 95.76 mm),无显著差异 ( $P > 0.1$ ).

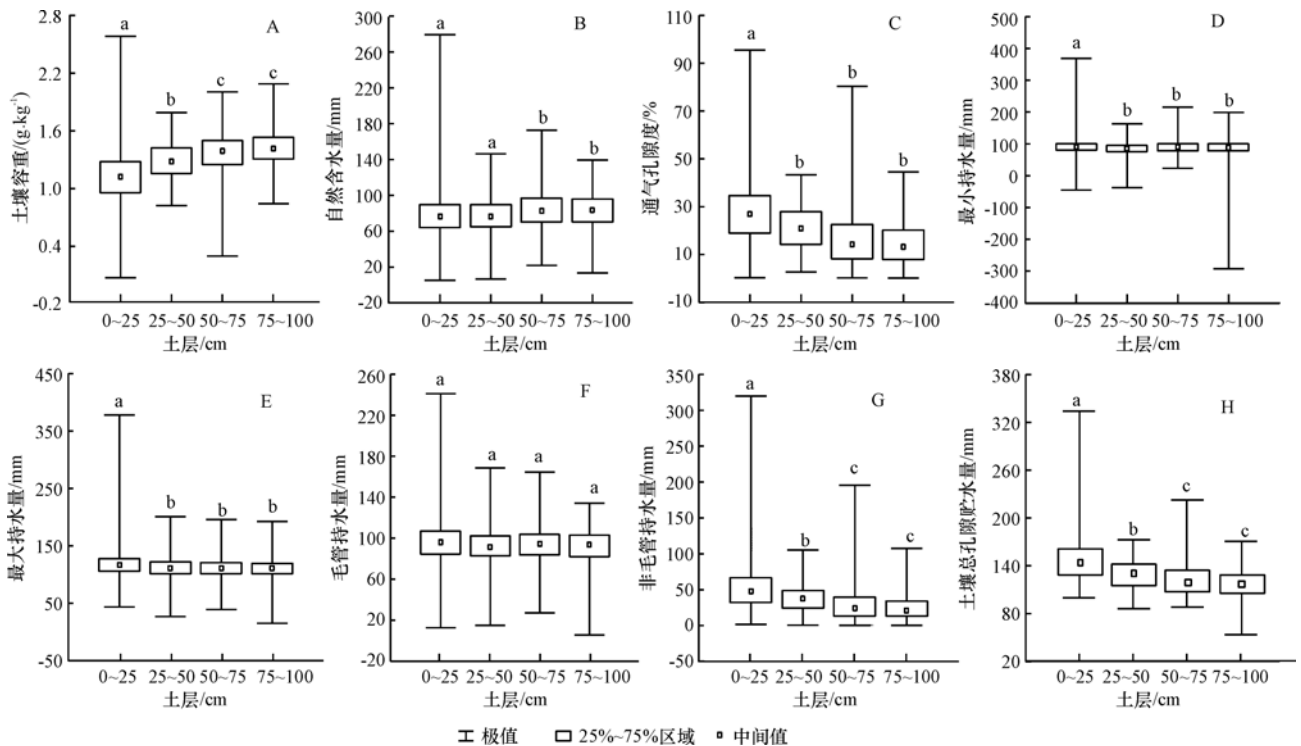
非毛管孔隙中的水分则主要受重力的作用,向深层下渗,使土壤水分不断补充到地下水或注入河流,其贮蓄和运动速度快,在林地削减洪水、调节水分运动中起重要作用<sup>[9-10]</sup>.土壤非毛管持水量随土层加深而迅速降低,表层 0 ~ 25 cm 最高,极显著高于其他 3 层 ( $P < 0.000 01$ );25 ~ 50 cm 层极显著高于 50 ~ 75 和 75 ~ 100 cm 层 ( $P < 0.001$ );而 50 ~ 75 和

75~100 cm层差异不显著( $P=0.227$ ) (图1G)。

土壤总孔隙贮水量随土层加深呈下降趋势(图1H), 0~25 cm层极显著高于其他3层( $P<0.0001$ ), 25~50 cm层极显著高于50~75和75~100 cm层( $P<0.001$ ), 而50~75和75~100 cm层间差异不显著( $P=0.108$ )。

以上分析表明, 森林土壤水源涵养和蓄水调洪能力主要体现在0~25和25~50 cm层, 而50~100

cm层的土壤持水能力较差, 这与王燕等<sup>[11]</sup>的研究结果相同。由于林地表层土壤长期积累凋落物, 凋落物腐烂形成较厚的腐殖质层<sup>[12]</sup>, 且根系在地表的密集分布以及林下植被的覆盖均对表土物理性质具有显著的改善作用, 因此, 表层土壤物理结构、孔隙性等优于下层土壤, 贮水量也就显著高于深层土壤; 而下层土壤, 受到林分类型及人为干扰的影响较小, 贮水性能相对稳定。



每一柱形图上方凡有一个小写英文字母相同, 表示差异不显著 (Duncan's 多重比较法,  $P>0.05$ )。

图1 不同土层土壤持水特性的比较

Fig. 1 Soil water-holding capacity under different soil layers

### 3.2 土壤持水性能垂直分布特征

0~25、25~50、50~75和75~10 cm层的土壤容重分别为1.11、1.28、1.36和1.40  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ; 通气孔隙度分别为27.81%、21.28%、15.94%和14.59%; 自然含水量分别为77.62、77.00、83.10和82.29 mm; 最小持水量分别为91.09、84.88、89.88和86.88 mm; 最大持水量分别为121.08、111.86、111.23和109.57 mm; 非毛管持水量分别为51.73、37.17、28.58和25.60 mm; 毛管持水量分别为95.76、92.93、94.93和93.00 mm; 土壤总孔隙贮水量分别为147.49、130.10、123.51和118.59 mm(图1)。

在垂直方向上, 土壤持水受成土过程、土壤类型、结构、颗粒大小、疏松情况等影响。图2、图3显示不同深度的土壤持水特征存在差异: 土壤容重、土壤自然含水量总趋势是随着土层深度的增加而增加;

而土壤通气孔隙度、最大持水量、土壤总孔隙贮水量及非毛管持水量则随土层深度的增加而降低; 最小持水量和毛管持水量则表现出先降低再上升。可见, 长潭自然保护区森林表层土壤具有较好的涵养水源效能。对森林土壤的大量研究<sup>[10-13]</sup>表明, 森林土壤是森林水分储蓄的主要场所,

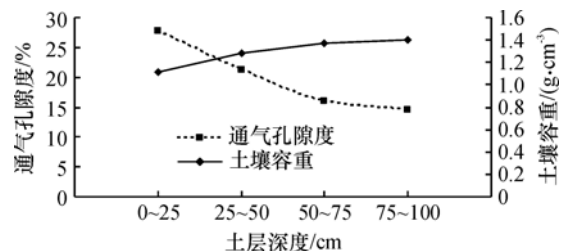


图2 土壤通气孔隙度、土壤容重的垂直分布特征

Fig. 2 Vertical distribution of ventilation porosity and bulk density

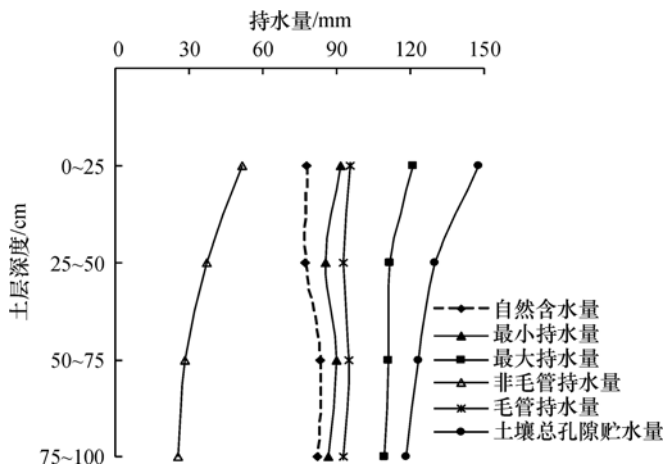


图3 不同深度土壤持水特征变化规律

Fig.3 Hydro-physical soil properties in different soil depths

其贮蓄量和贮蓄方式受物理性质影响极大,而林地土壤的发育程度,林分类型、表层枯落物组成和数量以及地下根系的生长发育也各异,综上所述造成土壤物理性质的差异,引起各生态系统不同土层土壤蓄水能力的不同。

#### 4 结论

广东省蕉岭长潭省级自然保护区森林土壤持水性能在0~100 cm深度的土层中的垂直变异结构及其分布格局表明:土壤自然含水量、最大持水量、最小持水量、土壤通气孔隙度、土壤总孔隙贮水量、非毛管持水量等6个指标随土壤加深不断减小,表层0~25 cm与下层土壤具有极显著的差异。相反,土壤容重则表现出随土壤深度增加而极显著增大。多重比较的分析表明,50~100 cm深度内土壤贮水能力变异很小,差异不显著。由于林地表层土壤长期积累凋落物并腐烂形成较厚腐殖质层,因此,土壤表层贮水量要极显著高于深层土壤,土壤物理结构、孔隙性和数量特征优于下层土壤。

森林土壤水源涵养林和理水调洪能力主要体现在上层土壤,下层土壤尤其是50~75和75~100 cm这两个层次土壤持水性能稳定。大量的研究<sup>[12-13]</sup>表明,影响土壤持水性能在垂直空间上的分布因素很

多,如林分类型、林木生长情况、根系分布、枯落物数量和种类、母岩、地形地貌等环境因子和生物因子,需要进一步的研究和分析。

#### 参考文献:

- [1] 吴鹏飞,朱波. 不同林龄段桉柏混交林生态系统的的水源涵养功能[J]. 中国水土保持科学,2008,6(3): 94-101.
- [2] 王景燕,龚伟,胡庭兴,等. 川南天然常绿阔叶林人工更新后的土壤水源涵养功能[J]. 浙江林学院学报,2007,24(5):569-574.
- [3] 王勤,张宗应,徐小牛. 安徽大别山区不同林分类型的土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报,2003,17(3):59-62.
- [4] 景元书,范永强. 低丘红壤不同坡位持水特性的比较[J]. 江西农业学报,2007,19(3):26-28.
- [5] 赵中秋,蔡运龙,付梅臣,等. 典型喀斯特地区土壤退化机理探讨:不同土地利用类型土壤水分性能比较[J]. 生态环境,2008,17(1):393-394.
- [6] PLANCQ C, LAURE A, JEAN-FRANÇOIS D L, et al. The role of forest cover on stream flow down sub-Mediterranean mountain watersheds: a modeling approach [J]. Journal of Hydrology, 2001, 254(14):229-243.
- [7] 周毅,黎艳明,郭乐东,等. 蕉岭长潭省级自然保护区表土有机碳研究[J]. 广东林业科技,2009,25(5):1-9.
- [8] 张万儒,杨光滢,屠星南,等. LY/T 1215—1999 森林土壤水分—物理性质的测定[S]. 北京:国家林业局,1999:3-4
- [9] 郝占庆,王力华. 辽东山区主要森林类型林地土壤涵养水性能的研究[J]. 应用生态学报,1998,9(3):237-241.
- [10] 张复兴. 五台山不同林分类型水源涵养功能研究[J]. 林业科学,2008,24(7):136-139.
- [11] 王燕,王兵,赵广东,等. 江西大岗山3种林型土壤水物理性质研究[J]. 水土保持学报,2008,22(1):151.
- [12] 张保华,何毓蓉,周红艺,等. 长江上游典型区亚高山不同林型土壤的结构性与水分效应[J]. 水土保持学报,2002,16(4):127-129.
- [13] 罗跃初,韩单恒,王宏昌,等. 辽西半干旱区几种人工林生态系统涵养水源功能研究[J]. 应用生态学报,2004,15(6):919-923.

【责任编辑 李晓卉】

(上接第77页)

- [12] 黄少伟,谢维辉. 实用 SAS 编程与林业试验数据分析 [M]. 广州:华南理工大学出版社,2001:182-190.
- [13] HENDERSON C R. Best linear unbiased prediction using relationship matrices derived from selected base populations [J]. J Dairy Sci, 1985,68(2):443-448.
- [14] 王松桂,史建红,尹素菊,等. 线性模型引论[M]. 北京:科学出版社,2005:4.
- [15] GILMOUR A R, GOGEL B J, GULLIS B R, et al. ASReml User Guide Release 3.0 [M]. Orange, Australia: NSW Department of Industry and Investment, 2009:11-15, 349.
- [16] 王豁然. 桉树生物学概论 [M]. 北京:科学出版社, 2010:20-26.

【责任编辑 李晓卉】