

Soil Development and Characteristic Analysis of Bonan Mountain Nature Reserve in Yunnan Province

Ningning Gao

School of Tourism and Geographical Science, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan
Email: gaoningninggs@163.com

Received: Apr. 25th, 2019; accepted: May 9th, 2019; published: May 16th, 2019

Abstract

The Bonan Mountain Nature Reserve is an important distribution area of forest resources, which plays an important role in biodiversity conservation and ecosystem protection. This survey is mainly carried out around the state-owned protected forest area of the Bonan Mountain Nature Reserve. Through the observation of the original natural geographical environment, the natural and artificial conditions of soil formation in the protected area are analyzed, and three representative soil samples of brown soil, yellow brown soil and yellow red soil are collected. Through indoor chemical analysis, the indicators of organic matter, total nutrient and available nutrients of soil samples are determined, and then, the soil distribution status and nutrient status are evaluated in the Reserve. The results show that the soil distribution in the Reserve has obvious vertical zonal characteristics, and the soil fertility is generally high, but there is a problem of easy erosion. By comparing and analyzing the original data of the Reserve, the measures for improving the soil environment and management in the Reserve are put forward. The results can provide scientific basis for ecological construction of the Reserves.

Keywords

Bonan Mountain Nature Reserve, Soil Development, Soil Nutrients

云南博南山自然保护区土壤发育及性状特征分析

高宁宁

云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明
Email: gaoningninggs@163.com

收稿日期：2019年4月25日；录用日期：2019年5月9日；发布日期：2019年5月16日

摘要

博南山自然保护区是森林资源的重要分布地区,对生物多样性维护和生态系统保护具有十分重要的作用。本次调查主要围绕保护区国有保护林区进行。通过实地观察原有自然地理环境,分析了保护区内土壤形成的自然、人为条件,并采集了具有典型代表性的棕壤、黄棕壤、黄红壤三种土壤样品。通过室内化学分析,测定保护区内土壤样品有机质、全量养分、速效养分等指标,进而对保护区的土壤分布状况以及养分情况进行评价分析。结果表明,保护区内土壤分布具有明显的垂直地带性特征,土壤肥力普遍较高,但存在易于发生侵蚀的问题。通过与保护区原有的数据资料进行对比分析,提出改善保护区土壤环境、完善保护区管理的对策、措施,结果可为保护区生态建设提供科学依据。

关键词

博南山自然保护区, 土壤发育, 土壤养分

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土壤是地球表层的重要组成部分,通过它与其他圈层连接并进行物质迁移和能量转换,它不仅为植物生长提供充足的养分,还为动植物、微生物生存提供必要的场所[1],其物理性质及养分状况直接影响了土壤生产力和区域生态状况的发展方向[2],因此充分了解区域土壤性质十分必要。土壤性质是受多方面综合作用的结果,在不同成土母质、地形地貌、人为因素等的影响下差异极大[3]。已有研究表明,土壤容重、有机质、全氮、全磷、碱解氮等随海拔升高而降低,全钾则随海拔升高呈先升后降趋势[4] [5],土壤含水量、孔隙度随海拔增加而增大[6]。坡度引起土壤温度、湿度的变化,会显著改变土壤呼吸速率,进而影响土壤养分的分解与积累过程[7]。除此之外,人类活动也是影响土壤性质的重要因素,并左右了土壤的发展方向。研究表明,水田、林地、灌丛、草地等不同用地类型显著影响土壤有机碳、土壤微生物生物量、氮、磷、钾含量水平[8] [9],即使在相同地类条件下,不同植被类型[10] [11]和不同农田利用方式(如水田和旱地、一季和两季耕作) [12]也会造成土壤养分与物理性质的显著差异。

近年来,学者们也进行了大量自然保护区土壤的研究,并形成了丰富成果,这些研究主要集中于不同森林类型土壤养分差异[1]、土壤理化性质空间变异特征[2] [13]、化学计量特征[14]、土壤污染评价[15]等方面,而少有对土壤发育过程、成土条件的综合研究。因此,研究以森林生态系统保存较完整的博南山自然保护区为研究对象,通过野外调查结合室内分析,充分揭示保护区土壤的形成过程、成土条件、土壤类型与分布特征、土壤理化性质特征,旨在为自然保护区生态监测与管理提供参考。

2. 研究区概况与方法

2.1. 研究区概况

云南博南山自然保护区位于滇西北大理白族自治州永平县境内,坐落于横断山纵向岭谷区南部区域,

三江并流自然遗产地的东南边缘，地处 25°20'25"~25°25'50"N，99°22'35"~99°26'54"E。博南山又名金浪颠山或叮当山，是著名的“南方丝绸之路”的博南古道的必经之地。面积 4499.8 hm²，海拔 1772~2704.4 m，最高点位于博南山主峰叮当山，最低点位于西部马底箐和麦田河交汇处，最大相对高差 932.4 m，平均海拔 2235 m。2001 年 1 月晋升为州级自然保护区，属森林生态系统类型自然保护区，以常绿阔叶林和暖温性针叶林生态系统及古树名木、文物遗迹为主要保护对象。

2.2. 调查研究方法

2.2.1. 野外调查和采样

2016 年 11 月 2~6 日，应用野外常规土壤线路调查方法，对保护区主要成土因素及其对土壤发育和分布的影响进行观察。在综合分析成土因素基础上，依据中国土壤分类系统[16]，借助所挖土壤主要剖面，结合云南省二次土壤普查成果[17]，确定土壤所属类型及其分布范围和界限。遵循典型性和代表性原则，选择不同土壤类型的典型地段，按照野外土壤剖面描述的方法和要求[18]，设置、挖掘土壤主要剖面 8 个，现场测定每个土壤剖面点的环境因子，观察、描述和记载每个土壤剖面的形态特征，分层采集土壤分析样品 23 袋，每袋 0.5 kg 左右，带回实验室，按要求对土壤样品进行风干、去杂、过筛后制备为待测土样。

2.2.2. 室内分析项目和分析方法

本次主要对待测土样的 pH 值、有机质、速效养分、颗粒组成等 9 个指标，采用表 1 中的分析方法进行测定。

Table 1. Soil analysis projects and analytical methods

表 1. 土壤分析项目和分析方法

分析项目	分析方法	方法来源
土壤 pH	电位法	GB7856-87
土壤有机质	K ₂ Cr ₂ O ₇ 氧化 - 外加热法	GB7857-87
土壤全氮	半微量开氏法	GB7173-87
土壤全磷	氢氧化钠碱熔 - 钼锑抗比色法	GB7852-87
土壤全钾	氢氧化钠碱熔 - 火焰光度法	GB7854-87
土壤速效磷	盐酸-氟化铵浸提 - 钼锑抗比色法	GB7853-87
土壤速效钾	NH ₄ OAc 浸提 - 火焰光度法	GB7856-87
土壤碱解氮	碱解扩散法	鲍士旦[19]
土壤机械组成	比重计法	GB7845-87

土壤质地类型依据美国制土壤质地分类标准来确定，土壤酸碱度依据《中国土壤》[20]一书中的五级划分标准来判定，土壤有机质、全氮等养分含量的丰歉则以全国第二次土壤普查土壤养分含量分级标准为判别依据。

3. 结果分析

3.1. 成土条件

3.1.1. 地形与母岩、母质

博南山自然保护区地处横断山纵向岭谷区南部，云岭山脉南延余脉博南山中上部。博南山呈北北西

- 南南东走向, 位于永平县西部, 山脊海拔在 2500~2600 m 之间, 最高峰叮当山, 海拔 2704.4 m, 与西部澜沧江河谷之间的相对高度约 1400 m, 与东部银江河(又称永平大河)河谷之间的相对高度约 900 m, 是一列典型的大起伏亚高山, 主要山峰海拔均在 2500 m 以上, 如叮当山、阿浪厂山(2554 m)、大庄堆(2652 m)、上元宝山(2635 m)、下元宝山(2630 m)、马鹿塘堆子(2631 m)、野人山(2594 m)、老凹堆(2555 m)、大堆地(2448 m)等。西坡受澜沧江支流麦田河、高河、响水河等, 东坡受银江河支流漂亮河、里海冲河、三道河等的侵蚀切割, 次一级的东西向山脊与河谷相间分布, 地表破碎, 地势起伏大。保护区最低点位于西部马底箐汇入麦田河河口, 海拔 1772 m, 最高点叮当山, 相对高度 932.4 m, 平均海拔 2235 m。山地大起伏致使气候、植被垂直分带明显, 这是保护区土壤垂直分带明显的基础, 多级坡度、不同坡向和坡位及其组合, 又使同一气候带内的热量和水分及其组合重新发生分配, 形成了多种不同的小气候, 导致同一土类发育方向和程度出现分化, 形成厚度、性质和肥力水平不同的亚类、土属甚至土种。其中, 台地、缓坡、中缓坡等部位, 岩石风化和成土条件较稳定, 发育形成了土体较深厚的地带性土壤, 如红壤、黄棕壤、棕壤等。陡坡地段, 土壤自然侵蚀较强烈, 土壤发育程度普遍很低, 土体浅薄, 粗骨性强, 粗砂、石砾和石块含量较高。热量水平较高的山地中、北亚热带地段, 紫色母岩母质特征不明显的地段发育为红壤性土, 母质残留明显的地段则为紫色土, 山地暖温带、中温带地段紫色母岩母质特征均不明显, 发育为黄棕壤性土。

3.1.2. 母岩和母质

保护区出露的地层以侏罗系中上统和白垩系下统为主, 成土母岩以紫红色岩类(紫红色、紫灰色砂岩、砂页岩、泥岩、砾岩等)为主, 亦有小面积的泥质岩类(千枚岩等)、石英岩类(石英岩等)和碳酸盐岩类(泥灰岩、硅灰岩等)。上述母岩经风化、侵蚀、搬运、堆积后, 分别形成残积物、残坡积物、冲积物、洪积物、红色黏土等母质类型, 以广布于山坡上的残积物面积最大, 其次是残坡积物、坡积物, 河谷地区有冲积物, 沟口有洪积物、冲洪积物, 为保护区土壤的形成提供了物质基础。因砂岩、砂页岩出露面积很大, 以致风化壳和土壤中, 砂粒(粒径 0.05~2.0 mm)含量均高于 60.0%, 黏粒含量普遍低于 16.0%, 质地类型以壤质砂土为主, 次为砂质壤土, 且石砾、石块含量较高, 大多在 15%~60%之间, 等级大多为多砾质、中等砾质。

出露紫红色岩类的陡坡地段, 土体浅薄, 紫色母岩母质特征残留明显, 土壤发育还停留在幼年的紫色土阶段, 呈斑状、点状镶嵌在红壤带中。低阶地、河漫滩、边滩等地貌部位, 母质主要为第四纪冲积物、冲洪积物, 成土时间段, 剖面发生层分化不明显, 冲洪积物特征残留显著, 属于发育程度很低的冲积土。

3.1.3. 气候

保护区所处水平气候带(基带)为中亚热带(1450~1750 m), 具有滇西低纬高原西部型中亚热带季风气候的典型特征。具有冬无严寒, 夏无酷暑, 四季如春, 降水较丰沛, 季节变化很大, 干湿(雨)季分明等特点[21] [22]。据永平气象站 35 年气候统计资料, 年均温 15.9℃, 最热月(7 月)均温 21.5℃, 最冷月(1 月)均温 8.1℃, 气温年较差 13.4℃, 年 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 5100.5℃, 年降水量为 932.9 mm, 雨季(6~10 月)为 749.7 mm, 占全年降水量的 80.4%, 相对湿度为 82.2%, 干季(11~翌年 5 月)降水量 183.2 mm, 只占年降水量的 19.6%, 相对湿度为 69.6%。自保护区最低点到最高点年均温由 15.2℃递减至 8.4℃左右, 最热月(7 月)均温由 20.6℃递减至 14.9℃左右, 最冷月(1 月)均温由 7.6℃逐渐降低至 -0.2℃左右, 气温年较差由 15.0℃左右递减为 13.0℃, 年 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温由 5000.0℃左右降低至 1550.0℃左右, 热量带由中亚热带逐渐向中温带过渡, 年降水量由 1010.0 mm 左右递增至 1510.0 mm 左右, 水热组合由暖热半湿润向温暖半湿润、温凉湿润、冷凉潮湿过渡。致使基本成土过程由中等强度的富铝化过程逐渐减弱, 淋溶、黏化及生物累积过

程逐渐增强,地带性土类由红壤逐渐过渡为黄棕壤、棕壤,形成明显的土壤垂直带谱。

3.1.4. 植被及人类活动

植被是影响土壤发育和演化最活跃的因素,也是确保土壤生态系统平衡、稳定最重要的条件。不同植被带内,所发育的土壤类型及其性质存在显著差异。受气候的影响和控制,保护区内植被类型较多,垂直分带较明显。主要有半湿润常绿阔叶林(如元江栲林、高山栲林)、中山湿性常绿阔叶林(如包斗栎林、多变石栎林)、山顶苔藓矮林(如马缨花杜鹃林)、暖温性针叶林(云南松林、华山松林)。保护区西部边缘河谷地区,尚有小面积的人工植被,如核桃等木本经济林、水稻等农作物。半湿润常绿阔叶林区发育的土壤主要为红壤、红壤性土,湿性常绿阔叶林区发育的土壤主要为黄红壤、黄棕壤、黄棕壤性土。

总体而言,保护区原始森林植被,面积大,均为国有林,保护比较完好,枯枝落叶归还量大,生物小循环过程正常,土壤-植被系统稳定,土壤的发育和维护处于良性状态。在保护区边缘,尤其是西部麦田村、旧寺村、麦地村、大河村,历史上开荒垦殖、薪柴砍伐、放牧等人为活动较频繁,部分地区,植被受到干扰破坏严重,次生性质突出,土壤侵蚀等退化过程明显。

3.2. 土壤分类与分布

3.2.1. 土壤分类

根据土壤发生学原理、土壤地带性分布规律和土壤属性,对典型剖面形态特征、成土过程的分异及各发生层理化性质进行对比分析,依据《中国土壤分类系统》,将保护区土壤划分为铁铝土、淋溶土、初育土3个土纲,湿热铁铝土等5个亚纲,红壤、黄棕壤等5个土类,黄红壤、暗黄棕壤等7个亚类(表2)。其中,面积最大的土壤亚类是黄红壤,其次是暗黄棕壤,酸性紫色土、冲积土、棕壤和红壤性土、黄棕壤性土面积都很小。

Table 2. Soil classification system for protected areas

表 2. 保护区土壤分类系统

土纲	亚纲	土类	亚类
铁铝土	湿热铁铝土	红壤	黄红壤、红壤性土
	温暖淋溶土	黄棕壤	暗黄棕壤、黄棕壤性土
淋溶土	温暖温淋溶土	棕壤	棕壤
初育土	土质初育土	新积土	冲积土
	石质初育土	紫色土	酸性紫色土

3.2.2. 土壤分布、性质及垂直变化特点

从云南地带性土壤分布模式——“山原型水平地带”来看,保护区所处土壤水平带为滇西山原上发育的红壤带。在山原红壤带(2400 m 以下)之上的博南山中上部,则依次发育了属于正向垂直地带的黄棕壤带(2400~2700 m)和棕壤带(2700 m 以上)。在红壤带内,还有小面积的幼年性的紫色土、冲积土和人工水稻土。

由于保护区内高差较大,水分和热量垂直分异较明显,土壤的形成过程、性状特征垂直变化也表现明显。随海拔高度的增加,表土层和心土层颜色由浅变深。表土层:黄红壤的暗黄橙(7.5YR 6/8)、棕灰(5YR 4/2)、暗棕(7.5YR 3/4) → 黄棕壤的黑红(10YR 2/1)、黑棕(7.5YR 2/2) → 棕壤的黑土(5YR 2/1)。心土层:黄红壤的黄橙、暗灰黄(2.5YR 4/4)、淡棕(7.5YR 5/6)、黑棕(7.5YR 2/2) → 黄棕壤的暗棕(7.5YR 3/4)、黑棕(7.5YR 2/2) → 棕壤的黑棕(7.5YR 2/2)。这表明,随海拔高度的增加,土壤富铝化过程由中等强度逐渐

减弱, 淋溶、黏化过程和腐殖质累积过程则逐渐增强。

干湿状况: 雨季末干季初(2016年11月上旬)的调查结果表明, 由保护区边缘到叮铛山山顶, 土壤水分状况: 润 → 湿润 → 潮湿。表明土壤自然水分含量随海拔升高而增多, 原因是随海拔升高, 气温下降, 降水增多, 空气湿度增大, 土壤蒸发减弱之结果。

质地状况: 保护区砂岩、砂页岩出露面积大, 受其影响, 土壤中砂粒、砾石含量普遍较高, 并具有随坡度增大而明显增多的趋势。在植被覆盖较差的陡坡地段, 风化壳和土壤发育程度低, 加之重力梯度大, 土壤自然侵蚀较强烈, 砂砾含量更高, 粗骨性很强。

有机质含量: 随海拔高度的增加, 表土层土壤有机质含量随之增加。原因是高海拔地区, 气候冷凉潮湿, 有利于腐殖质的合成和累积。此外, 植被保存好的地段以及缓坡地段, 土壤有机质含量偏高, 反之, 则偏低。

3.3. 土壤性状特征

3.3.1. 黄红壤

黄红壤是保护区内面积最大的一个土壤亚类, 是红壤向黄棕壤过渡的类型, 分布于保护区内海拔 2400 m 以下的亚高山下部和中山上部。气候类型为山地北亚热带、暖温带湿润、半湿润季风气候。植被以半湿润常绿阔叶林(如元江栲林、高山栲林)为主, 次为次生的暖温性针叶林(云南松林、华山松林)、落叶阔叶林(旱冬瓜林)等。母岩为紫红砂岩、粉砂岩、页岩等紫红岩类和千枚岩等泥质岩类, 母质以风化残积物、残坡积物为主。分布区湿度高于红壤亚类, 而热量略低, 富铝化过程弱于红壤亚类, 黄化过程不及黄壤强, 黏粒硅铝率在 2.5 左右, 高于红壤亚类。土体较深厚, 剖面构型为 A-B-BC-C 或 A-AB-B-C 型, 腐殖质层颜色为黑棕(5YR 2/1)、暗棕(7.5YR 3/4), 质地大多为砂质壤土, 团粒状、小团块状结构。心土层为淡棕(7.5YR 5/6)、红棕(5YR 4/6), 粘粒含量较少, 以砂质壤土、壤质砂土为主。底土小团块状或单粒状结构。全剖面深受砂岩、粉砂岩的深刻影响, 多半风化砂岩石块、石砾, 土体疏松至较疏松, 通体呈强酸性, pH 值 4.2~6.0 之间。表土层、亚表土层有机质、全氮、全磷、速效磷、速效钾含量很高或高, 并随深度显著降低。紫色土分布区全钾含量全剖面都很高, 其余地区含量中等至低。碱解氮含量全剖面都普遍很低, 随土层深度增加而降低。植被繁茂地段土壤各种养分普遍高于稀树地区。除了速效磷外, 自然土壤各种养分含量普遍高于早耕地土壤和近几年退耕地土壤。

以勺菜洼粉砂岩风化残坡积物上发育的 05 号黄红壤剖面和勺菜洼麦田河边 06 号黄红壤剖面为例, 其剖面形态特征见表 3, 土壤理化性质见表 4 和表 5。

Table 3. Environmental factors and main morphological characteristics of soil profile in protected areas

表 3. 保护区土壤剖面环境因子和主要形态特征

剖面 编号	土壤 类型	位置、海拔、坡 度、坡位、坡向	母岩、母 质类型; 侵蚀情况	土层			植被类型; 人类活动	
				符号	深度 (cm)	颜色		结构、松紧度
博 01	棕壤	主峰叮当山顶 水准点附近, 25°22'N, 99°25'E; 2704.4 m; 0°; 亚高山上部; 西坡 289°	紫灰色粉砂 岩; 残积物; 无侵蚀	A	0~23	黑 5YR 2/1	团粒状; 疏松	中山湿性常绿阔叶林, 地 衣苔藓较多; 表土层有少 量砾石; 枯枝落叶层厚 8~9 cm; 根系密集
				AB	23~66	黑棕 7.5YR 2/2	团粒状; 较疏松	
				B	>66	暗棕 7.5YR 3/4	团粒状; 较紧实	
博 02	黄棕壤	席草塘, 25°23'N, 99°24'E; 2488 m; 28.5°; 亚高山下部; 东坡 89°	黄灰色砂 岩; 残积物; 中度侵蚀	A	0~21	黑棕 7.5YR 2/2	小块状至团粒状; 疏松	华山松林、杜鹃林, 枯枝 落叶层较厚约 3.5 cm; 放 牧等等干扰活动强烈; 各 发生层有较多砾石、石块
				AB	21~40	暗棕 7.5YR 3/4	小块状至团粒状; 较疏松	
				B	40~73	暗黄棕 7.5YR 6/8	小块状至团粒状; 较疏松	

Continued

博 03 黄棕壤	马鹿塘, 25°23'N, 99°24'E; 2534 m; 33.5°; 亚高山上部; 西坡 289°	紫灰色砂岩; 残坡积物; 弱度侵蚀	A	0~31	黑棕 7.5YR 2/2	团粒状; 疏松、较疏松	杜鹃林, 有放牧等干扰活动, 践踏较严重; 枯枝落叶层厚 10 cm, 局部达 18~20 cm; 乔、灌木根系相互交织, 密集分布; 各发生层有少量砾石
			AB	31~54	暗棕 7.5YR 3/4	团粒状; 较疏松	
			B	54~86	暗灰棕 5YR 4/2	团粒状; 较疏松	
博 04 黄棕壤	黑泥塘, 25°22'N, 99°25'E; 2424 m; 18.5°; 亚高山下部; 南坡	淡黄色砂岩; 残积物; 弱度侵蚀	A	0~31	黑红 10YR 2/1	小块状至团粒状; 疏松至稍紧实	人工华山松林, 放牧等等干扰活动强烈; 枯枝落叶层厚约 3 cm; 发生层有少量砾石、石块
			AB	31~49	黑棕 7.5YR 2/2	小块状至团粒状; 稍紧实	
			B	49~85	棕黄 2.5YR 4/4	小块状至团粒状; 稍紧实	
博 05 黄红壤	勺菜洼, 25°22'N, 60°99'24'E; 2139 m; 38.5°; 中山上部; 西北 60°	灰黄色粉砂岩; 千枚岩; 残坡积物; 侵蚀强烈	A	0~28	暗棕 7.5YR 3/4	团粒状; 疏松	半湿润常绿阔叶林, 草本层发育差, 枯枝落叶层厚约 2 cm; 各发生层有石块侵入体
			B	28~61	淡棕 7.5YR 5/6	团粒状、单粒状; 疏松	
			CB	61~81	淡棕 7.5YR 5/6	小团块状、单粒状; 较疏松	
博 06 黄红壤	勺菜洼麦田河边, 25°22'N, 99°23'E; 1913 m; 38°; 中山上部; 南坡	粉砂岩; 残坡积物; 侵蚀中度—强烈	A	0~32	黑 5YR 2/1	团粒状; 疏松	旱冬瓜林; 枯枝落叶层厚约 2 cm; 多半风化粉砂岩砾石、石块, 石块粒径大多 3 cm × 4 cm, 个别 5 cm × 10 cm
			B	32~55	黑棕 7.5YR 2/2	团粒状; 疏松	
			CB	55~81	红棕 5YR 4/6	小团块状、单粒状; 疏松	
博 07 冲积土	麦田河村附近, 25°22'N, 99°23'E; 1715 m; 麦田阶地; 0°	河流冲积物; 中度侵蚀	A	0~29	棕灰 10YR 5/1	单粒、团粒; 较疏松	核桃园地; 表土层有较多砾石、石块; 心土层多砾石、石块; 石块直径 2 cm × 2 cm~5 cm × 6 cm
			B	29~62	暗灰 2.5YR 5/2	单粒、团粒; 较疏松	
博 08 黄红壤	海子旺, 25°21'N, 99°22'E; 1705m; 中山下坡; 5°; 西南 65°	古红色风化壳; 强度侵蚀	A	0~24	暗黄橙 10YR 7/6	小团块状; 较紧实	曾开垦种植农作物, 已退耕; 荒草地; 受人类活动影响大。
			B	24~49	黄橙 7.5YR 7/8	中块状; 较紧实	
			CB	49~70	淡黄棕 10YR 7/6	中至大块状; 极紧实	

Table 4. Composition of soil machinery in protected areas
表 4. 保护区土壤机械组成

土壤类型	剖面编号	采样深度(cm)	各粒级土粒质量比例(%)			石砾(%)	质地类型(美国制)	母岩类型
			砂粒	粉粒	粘粒			
棕壤	1	0~23	72.59	21	6.41	30.3	中砾质壤质砂土	粉砂岩
		23~66	64.61	26.71	8.68	12.4	砂质壤土	
		>66	60.49	20.4	19.11	9.5	砂质壤土	
暗黄棕壤	3	0~21	71.69	26.39	1.92	32.2	中砾质砂质壤土	砂岩
		21~40	74.49	17.28	8.23	44.7	多砾质壤质砂土	
		40~73	77.06	13.41	9.53	44.6	多砾质壤质砂土	
暗黄棕壤	4	0~31	67.27	31.82	0.91	28.4	中砾质砂质壤土	砂岩
		31~54	69.2	30.04	0.76	16.8	中砾质砂质壤土	
		54~86	69.67	28.64	1.69	12.7	砂质壤土	
暗黄棕壤	4	0~31	70.25	27.7	2.05	24.7	中砾质砂质壤土	砂岩
		31~49	76.04	22.34	1.62	12.4	砂质壤土	
		49~85	76.24	21.2	2.56	33.5	中砾质砂质壤土	

Continued

		0~28	62.93	27.99	9.08	48.2	多砾质砂质壤土	
	5	28~61	68.5	25.57	5.93	57.1	多砾质砂质壤土	粉砂岩
		61~81	77.83	16.27	5.9	60	多砾质壤质砂土	
		0~32	79.45	17.64	2.91	69.7	极多砾质壤质砂土	
黄红壤	6	32~55	77.65	15.38	6.97	57.4	多砾质壤质砂土	粉砂岩
		55~81	77.93	16.2	5.87	56.1	多砾质壤质砂土	
		0~24	61.33	24.55	14.12	14.6	砂质壤土	
	8	24~49	65.45	18.4	16.15	14.5	砂质壤土	古红土
		49~70	67.6	20.38	12.02	7.2	砂质壤土	
冲积土	7	0~29	70.41	25.69	3.9	55.9	多砾质砂质壤土	冲积物
		29~62	74.62	23.54	1.84	62.9	极多砾质壤质砂土	

Table 5. Soil chemical properties of protected areas
表 5. 保护区土壤化学性质

土壤亚类	剖面编号	采样深度(cm)	pH	有机质(g/kg)	全量养分(g/kg)			速效养分(mg/kg)		
					全氮	全磷	全钾	氮	磷	钾
		0~23	4.2	264.04	4.13	4.12	10.74	131.16	8.60	186.30
棕壤	01	23~66	4.4	192.04	2.53	3.79	18.07	69.91	4.16	85.52
		>66	5.4	125.93	1.54	4.00	19.41	54.16	3.29	77.01
		0~21	4.2	241.59	5.41	3.60	18.74	110.16	6.48	207.77
	02	21~40	4.3	164.14	2.68	5.28	12.51	59.41	7.24	138.03
		40~73	4.6	129.21	1.05	6.60	17.72	39.26	6.50	84.48
		0~31	4.7	237.43	5.26	3.87	23.17	83.91	10.34	200.05
暗黄棕壤	03	31~54	5.5	166.54	3.68	3.19	41.16	83.04	2.61	159.41
		54~86	5.0	135.53	2.53	2.70	42.89	61.16	0.74	152.30
		0~31	5.4	264.77	4.32	13.56	45.37	9.98	15.19	171.08
	04	31~49	5.1	143.20	3.30	10.54	41.86	4.78	9.44	120.00
		49~85	5.8	80.31	2.07	6.69	46.50	3.62	7.11	70.64
		0~28	4.5	259.89	2.57	4.41	33.11	8.97	11.12	137.65
	05	28~61	5.0	98.67	1.18	4.96	40.19	5.27	20.49	99.46
		61~81	5.9	78.60	0.96	5.23	45.51	3.47	18.99	119.59
黄红壤		0~32	6.0	187.14	2.29	5.30	18.71	8.98	35.45	258.94
	06	32~55	5.7	158.78	1.62	4.78	20.36	7.99	18.33	238.42
		55~81	5.8	19.80	0.53	3.51	14.56	1.68	26.83	212.41

Continued

		0~24	5.3	144.41	0.90	1.92	11.87	3.49	4.1	167.29
	08	24~49	4.2	470.00	0.46	1.60	13.75	1.66	1.21	68.14
		49~70	4.2	6.12	0.09	1.14	9.91	0.79	0.38	47.12
冲积土	07	0~29	6.4	87.66	1.69	4.44	30.83	10.69	47.68	236.07
		29~62	6.0	80.02	0.97	3.10	29.89	3.49	13.75	141.21

3.3.2. 黄棕壤

有暗黄棕壤和黄棕壤性土 2 个亚类, 分布于黄红壤带之上海拔 2400~2700 m 范围内的亚高山地区, 以暗黄棕壤亚类为主, 是保护区内面积第二大的土类。黄棕壤性土面积很小, 仅分布于陡坡地段, 发育程度很差, 土体浅薄, 粗骨性很强。气候类型为山地中温带湿润季风气候, 多云多雾, 土壤、空气潮湿。植被由下部的中山湿性常绿阔叶林(如包斗栎林、多变石栎林)向上逐渐过渡为山地苔藓矮林(如马缨花杜鹃林)等, 树干上和地面地衣、苔藓较多。成土母质主要为紫红岩类的风化残积物、坡积物。成土特点表现为较强烈的腐殖化过程、明显的淋溶、黏化过程和弱富铝化过程。土壤发育程度普遍较高, 土体较深厚, 大多在 60~90 cm 之间, 仅山顶、山脊和陡坡部位较浅薄, 大多厚 30~50 cm。

土体构型一般为 O-AB-B-C, 土表有厚约 3~6 cm 的未分解和半分解的枯枝落叶层, 由腐殖质层至母质层, 颜色由黑棕(5YR 2/1)、暗棕(7.5YR 3/4)逐渐变为暗黄棕(7.5YR 6/8)、棕黄(2.5YR 4/4)、黄棕(10YR 5/8), 质地由砂质壤土、壤土逐渐变为壤质砂土, 结构由团粒状、小团块状逐渐变为团块状结构, 紧实度由疏松、较疏松变为较紧实。土壤 pH 值 4.2~5.8, 呈酸性反应。腐殖质层深厚, 有机质、全氮、全磷、全钾含量, 全剖面都很高。速效磷和速效钾腐殖质层含量很高, 向下随深度逐渐降至中等。碱解氮全剖面含量都很低(表 5)。黄棕壤是保护区肥力最高的土壤类型之一, 是保护区中山湿性常绿阔叶林生态系统和珍稀濒危动植物最主要的分布区, 也是最重要的水源涵养区域。

以席草塘 02 号、黑泥塘 04 号和马鹿塘 03 号砂岩风化残积物、残坡积物发育的 3 个黄棕壤剖面为例, 其剖面形态特征见表 3, 土壤理化性质见表 4 和表 5。

3.3.3. 棕壤

只有棕壤一个亚类, 分布于保护区海拔 2700 m 左右的最高峰叮铛山山顶, 分布面积很小。植被为以栎类、杜鹃类为主的中山湿润常绿阔叶林, 云雾多, 湿度大, 气候类型为山地中温带湿润季风气候, 是保护区土壤、空气最潮湿的区域。成土母质为紫灰色粉砂岩、砂页岩的风化残积物。其成土过程具有明显的黏化过程和强烈的生物累积过程。土体较疏松, 全剖面颜色深暗, 以黑棕(7.5YR 2/2)和暗棕(7.5YR 3/4)为主, 团粒状结构。从机械组成看, 各层都含有少量石砾, 砂粒多, 黏粒较少, 质地多为少砾质壤质砂土或砂质壤土(表 4)。通体呈酸性至强酸性反应, 土壤有机质、全氮、全磷含量, 全剖面都很高, 速效磷、速效钾含量表土层很高, 向下减少至中等、低, 全钾含量全剖面中等至低, 速效氮含量全剖面均很低(表 5)。总的来说, 棕壤是保护区肥力最高的土壤类型之一, 是温凉性森林生态系统和珍稀濒危动植物的主要分布地区之一, 也是该地区主要的水源涵养区域之一。

以叮当山山顶大地水准点附近的 01 号棕壤剖面为例, 其剖面形态特征见表 3, 土壤理化性质见表 4 和表 5。

3.3.4. 紫色土

只有酸性紫色土一个亚类, 斑块状、条带状分布于出露紫色沙页岩的陡坡地段, 所占面积较小。成

土母质为侏罗系、白垩系紫红岩类(紫色、紫红色砂岩、粉砂岩、页岩)的风化残积物、残坡积物。因发育程度低,土壤富铝化特征不明显,性状特征尚保持幼年阶段。土体浅薄疏松,腐殖质层较薄,淀积层不明显,剖面中下部呈紫色、紫棕色、紫灰色等。土体内多母岩碎块、砾石、粗砂,质地轻粗,粗骨性强,结构差,蓄水保肥能力低,抗冲、抗蚀性能差,植被稀树地段,尤其是陡坡及山脊部位,土壤自然侵蚀较强烈,地表多裸岩,沟谷较发育。速效钾含量丰富,速效氮含量中等,全量氮、磷、钾及速效磷含量低,具有较高的潜在肥力, pH 值 5.0~6.0, 通体无石灰反应(表 6)。需要指出的是,紫色土分布区植被一旦受到破坏,极易发生土壤侵蚀,而且恢复植被极不容易,应重点加以保护。

Table 6. Chemical properties of acidic purple soil in protected areas

表 6. 保护区酸性紫色土化学性质

深度(cm)	pH	有机质(g/kg)	全量养分(g/kg)			速效养分(mg/kg)			成土母岩
			全氮	全磷	全钾	氮	磷	钾	
0~14	5.3	16.40	0.95	0.44	10.60	76.0	12.9	184.0	
14~48	5.1	4.10	0.32	0.36	9.00	16.0	8.9	101.0	紫色砂岩
48~82	4.6	2.90	0.32	0.38	11.40	16.0	14.2	109.0	

4. 结论

保护区发育分布有红壤、黄棕壤、棕壤三个土壤垂直带,陡坡、山脊、山顶等地段,因成土环境不稳定,土体较薄,土壤发育较差,其他土层深厚,结构、质地、通气、透水等物理性质良好,有机质、N、P、K 含量丰富,自然综合肥力普遍很高,都适宜半湿润和湿润常绿阔叶林及暖温性、温凉性针叶林的生长。所形成的良好土壤-植被系统还维持了土壤中丰富的微生物和动物区系以及博南山景观的空间异质性,涵养了水源,调节了气候,降低了附近地区泥石流、滑坡、洪灾等自然灾害发生的频率和强度,保障了附近社区的生态安全和用水安全,改善、协调了区域生态环境。

保护区及附近地区的成土母岩主要为紫红色、灰白色砂岩、砂页岩类。这些母岩结构性差,易崩解破碎,土体普遍较疏松,粘结性差,抗侵蚀冲刷能力弱,具有潜在的脆弱性。保护区坡度大的地段,风化壳和土体浅薄,植被稀疏处雨季(6~9月)发生大雨、暴雨容易诱发强度不等的土壤自然侵蚀。

保护区边缘村庄附近受人类活动的干扰,部分天然林地被开垦为耕地,部分森林植被退化明显,覆盖率低,组成和结构较差,枯落物少,灌草层不发达。放牧(山羊、牛等)现象至今仍然突出,不利于森林植被尤其是林下灌草层的恢复,土壤加速侵蚀依然存在。

5. 讨论

1) 加强管护,保护好现有各类森林植被

植被是影响土壤发育和演化的最活跃的因素,也是确保土壤生态系统平衡、稳定最重要的条件。因此,要加强管护,严格执行自然保护区管理条例及有关法规,确保现有各类植被不受人为干扰,退化植被能正常恢复、更新,以维持、稳定林下土壤,促进退化土壤的逐渐恢复。

2) 因地制宜,防治土壤侵蚀

针对保护区边缘存在的坡旱地,应统筹规划,继续实施退耕还林,种植水源涵养林等。针对附近地区的坡旱地、梯旱地,应调整土地利用方式,改种经济果木林,增加地表森林覆盖率,以减轻人为活动对保护区造成的压力,以有效防治土壤侵蚀。

3) 政府主导,增加投入,发展社区经济,增加社区群众的收入,改善和提高社区居民生活水平,帮

助周边社区脱贫致富,使社区与保护区之间建立一种非过度消耗保护区资源的新型依赖关系,取得社区对保护区管护工作的支持。

4) 加强水土保持的宣传教育工作

加强领导,搞好水土保持的宣传教育工作,提高保护区及附近地区社区居民的水土保持意识。

参考文献

- [1] 申佳艳,李小英,袁勇. 纳板河自然保护区不同森林群落土壤养分特征研究[J]. 中国农学通报, 2017, 33(5): 54-60.
- [2] 刘璐,曾馥平,宋同清,彭晚霞,王克林,覃文更,谭卫宁. 喀斯特木论自然保护区土壤养分的空间变异特征[J]. 应用生态学报, 2010, 21(7): 1667-1673.
- [3] 袁勇,李小英. 森林类型自然保护区土壤养分综述[J]. 中国农学通报, 2016, 32(5): 75-82.
- [4] 任启文,王鑫,李联地,尤海舟,毕君. 小五台山不同海拔土壤理化性质垂直变化规律[J]. 水土保持学报, 2019, 33(1): 241-247.
- [5] 李相楹,张维勇,刘峰,张珍明,何腾兵,林昌虎. 不同海拔高度下梵净山土壤碳、氮、磷分布特征[J]. 水土保持研究, 2016, 23(3): 19-24.
- [6] 马国飞,满苏尔·沙比提,张雪琪. 托木尔峰自然保护区台兰河上游不同海拔灌木土壤理化性质研究[J]. 土壤通报, 2017, 48(6): 1288-1295.
- [7] 张伯浩,宋娅丽,王克勤,李学峰,聂慧莹. 不同坡度坡位下滇中烤烟地土壤呼吸的变化特征[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2018, 47(3): 281-290.
- [8] 程志辉,李法云,荣湘民,范志平,李霞,张营. 辽河保护区不同土地利用方式下土壤的有机碳含量特征[J]. 湖南农业大学学报(自科版), 2016, 42(6): 670-675.
- [9] 黄雅茹,马迎宾,郝玉光,辛智鸣,徐军,董雪,刘禹廷,赵英铭. 乌兰布和东北部典型土地利用的土壤养分特征[J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37(1): 123-129.
- [10] 徐波,朱忠福,李金洋,吴彦,邓贵平,宁吴,石福孙. 九寨沟国家自然保护区不同森林类型土壤养分特征[J]. 应用与环境生物学报, 2016, 22(5): 767-772.
- [11] 赵友朋,孟苗婧,张金池,马洁怡,刘胜龙. 不同林地类型土壤团聚体稳定性与铁铝氧化物的关系[J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 81-87.
- [12] 张晗,赵小敏,欧阳真程,郭熙,匡丽花,叶英聪. 江西省不同农田利用方式对土壤养分状况的影响[J]. 水土保持研究, 2018, 25(6): 53-60.
- [13] 张继平,张林波,王凤玉,刘伟玲,笑沃. 井冈山国家级自然保护区森林土壤养分含量的空间变化[J]. 土壤, 2014(2): 262-268.
- [14] 刘兴华,公彦庆,陈为峰,黄保华,朱荣生. 黄河三角洲自然保护区植被与土壤 C、N、P 化学计量特征[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(11): 1720-1729.
- [15] 谭小爱,王平,王倩,王涛,钟兴耀,赵子蛟,郑远见. 大山包黑颈鹤国家级自然保护区湿地土壤重金属污染评价[J]. 湿地科学, 2016, 14(6): 916-922.
- [16] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [17] 王文富. 云南土壤[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996: 356.
- [18] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996: 96-167.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 2003: 56-58.
- [20] 熊毅,李庆逵. 中国土壤[M]. 第二版. 武汉: 科学出版社, 1987: 23-29.
- [21] 王平. 第1章自然地理环境[M]//彭明春,王崇云,钟兴耀. 云南大山包黑颈鹤自然保护区综合科学考察研究. 北京: 科学出版社, 2013: 1-66.
- [22] 王平,徐强,任宾宾. 第1章自然地理环境[M]//刘恩德,彭华. 云南轿子山自然保护区. 北京: 中国林业出版社, 2015: 1-61.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2330-1724，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojs@hanspub.org