

文章编号: 1008 - 2786 - (2015) 4 - 457 - 08

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000057

喀斯特峡谷型流域主要生态系统的碳分布 ——以晴隆孟寨流域为例

范文娟^{1,2} 容丽^{1,3*} 张振球⁴

(1. 贵州师范大学 贵州 贵阳 550001; 2. 镇江市第三中学 江苏 镇江 212001;
3. 中国科学院地球化学研究所 贵州 贵阳 55001; 4. 南京师范大学 江苏 南京 210023)

摘 要: 通过对晴隆孟寨流域乔木、灌木和草本层的调查,结合生物量回归方程式和土壤有机质数据,测算峡谷型喀斯特几种植被植物层、土壤层、枯落物层的碳密度状况,分析不同植物类型的碳密度及碳分布特征,发现晴隆孟寨流域上游中游碳密度高于下游,陡坡顶部的碳密度 > 缓坡顶部,陡坡中部碳密度 < 缓坡中部,陡坡部分顶部碳密度 > 底部 > 中部,缓坡部分顶部碳密度 > 中部 > 底部,主要的几种植被平均植物层碳密度在 2.01 ~ 64.83 t/hm², 与全国其他地区植被层碳密度相比表现为低生物量、低碳密度。土壤碳密度在整个碳密度中贡献最大,在 58.16 ~ 154.13 t/hm²。自然生态系统(山地)土壤碳密度虽然较低,但有机质含量相对较高。枯落物层的碳储量对整个生态系统碳储量的贡献不大,均低于 5%。喀斯特峡谷地区土壤薄、砾石含量大是较其他地区碳密度低的根本原因,因此选择不同的植被类型和不同的森林管理方式,是治理该地区石漠化的关键。

关键词: 喀斯特峡谷; 植物碳密度; 碳格局

中图分类号: P931.5, Q948.11

文献标志码: A

陆地生态系统碳循环对调节大气中温室气体浓度起到重要的作用^[1],森林作为陆地生态系统的主体,每年固定的碳占陆地生态系统的 2/3^[2-5]。目前,贵州省是我国喀斯特分布面积比例最大的地区,石漠化现象严重^[6]。因此,完善对喀斯特区域植被碳格局、碳密度调查研究,有利于促进喀斯特地区固碳增汇、水土保持。

近年来,许多学者对亚热带常绿阔叶林^[7-12]、针阔混交林^[13-15]、亚热带灌丛^[16-17]碳密度和碳储量都做了不同程度的研究,贵州省喀斯特地区碳源汇方面的研究主要集中于土壤有机碳方面^[16,18-22],

而对植被及生态系统碳格局研究较少。峡谷型地貌单元是喀斯特地貌的重要组成部分之一,目前,对贵州省喀斯特地区碳密度空间分布特征以及峡谷小流域的植被碳密度和碳储量仍是值得关注的问题。贵州省西南部石漠化比例较大,且石漠化多分布在耕地和坡地上,土地垦殖率较高。本文着重对贵州省西南部石漠化面积占 40% 以上的晴隆孟寨流域几种不同植物碳密度分布进行研究,旨在揭示该地区植被碳分布与其他地区植被碳分布状况的区别,为贵州省石漠化治理提供参考。

收稿日期(Received date): 2014 - 05 - 15; 改回日期(Accepted): 2014 - 08 - 11。

基金项目(Foundation item): 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05070400)、贵州省社会发展科技攻关计划项目(黔科合SY字[2012]3011号)、国家自然科学基金创新群体项目(40721002)、贵州省自然科学基金项目(黔科合J字[2008]2063号)。[Special strategic science and technology projects of Chinese Academy of Sciences(XDA05070400); Social development research project of Guizhou Province(Qian SY [2012]3011); National natural science foundation project to innovation groups(40721001); National Science Foundation of Guizhou Province(XDA05070400).]

作者简介(Biography): 范文娟(1988 -),女,安徽人,硕士,研究方向:自然资源管理与规划。[Fan Wenjuan(1988 -),Female, born in Anhui, master research fields: Natural resource management, Natural resource planning.] E-mail: WenjuanF@yeah.net

* 通信作者(Corresponding author): 容丽(1973 -),女,博士,教授,主要从事植物生态学等方面研究。[Rong Li, Ph.D., professor, research fields: plant ecology.] E-mail: ronglit@163.com

1 研究区概况

1.1 区域概况

研究区属珠江流域北盘江水系西泌河支流区, 土地面积 4 333.11 hm², 石灰岩、白云质灰岩广泛分布, 海拔 1 100 ~ 1 500 m; 气候温和湿润, 常年平均气温 14.0 ~ 15.9℃, 无霜期 280 d 左右, 年平均降雨量 1 300 ~ 1 600 mm; 森林植被以阔叶林为主, 覆盖率占 25.05%。在 4 333.11 hm² 的土地中农用地 2 656.87 hm², 建设用地 154.94 hm², 未利用地 1 521.31 hm²。农用地中耕地面积 999.57 hm²、园地面积 2.90 hm²、林地面积 1 519.19 hm²、牧草地面积 535.21 hm²。耕地面积中有水田 169.47 hm², 占耕地面积的 16.95%; 旱耕地 830.09 hm², 占耕地面

积的 83.05%。林地面积和耕地面积较大, 牧草地面积次之, 园地零星分布, 无其他农用地。

1.2 样地描述

在公路两侧不同高度的峡谷地区, 选取喀斯特原生乔木林青冈栎顶级森林群落, 车桑子人工灌木林及以火棘、雀梅藤、鼠刺、勾儿茶等为代表的自然灌木林, 以及人工林(楸树林)、经果林(桃树、李树、核桃树等)作为样地。共选取 12 个样地, 每样地选择 3 个样方, 群落植被类型见表 1。

2 材料及研究方法

2.1 采样

物种采样: 作者分别于 2011 年 4 月底和 2013 年 5 月初, 对孟寨流域不同喀斯特地貌单元, 分别选

表 1 样地的基本情况

Table 1 Description of study plots

植被类型 Forest type	坡度 Slope/°	位置 Location	海拔 Altitude/m	植被特征 Vegetation characteristics	优势种 Dominant species
喀斯特原生乔木林 Karst primary forest	20 ~ 25	25°51'59" ~25°52'07"N 105°18'53" ~105°19'02"E	1 230	层次结构较完整, 由乔木-灌木-草本, 三者之间分化清晰, 主要以乔木为主, 高度: 5 ~ 12 m, 胸径 5.5 ~ 12.6 cm, 覆盖率 80%, 树冠覆盖率 40%, 灌木高度: 1 ~ 2 m, 覆盖率 5% ~ 15%, 基径 0.6 ~ 3.0 cm, 林下覆盖有 2 ~ 3 cm 枯枝落叶层	青冈栎 (<i>Cyclobalanopsis glauca</i>)、枫香 (<i>Liquidambar formosana</i>)、化香 (<i>Platycarya strobilacea</i>)、山茶 (<i>Camellia japonica</i>)、小叶柿 (<i>Diospyros mollifolia</i>)、白刺花 (<i>Sophora davidii</i>)
喀斯特人工林 Karst artificial forest	20 ~ 25	25°51'17" ~25°52'23"N 105°47'51" ~105°47'57"E	1 153	林分层次结构单一, 只有乔木~草本, 乔木高度: 3 ~ 9 m, 胸径: 3 ~ 15 cm, 覆盖率 40%, 林下有 0.5 ~ 1 cm 枯枝落叶层	楸树 (<i>Thuja sutchuenensis</i>)
喀斯特经果林 Karst fruit forest	10 ~ 20	25°52'13" ~25°52'29"N 105°17'17" ~105°17'21"E	1 085	林分结构层次单一, 乔木~草本, 乔木高度: 2.5 ~ 4.5 cm, 地径: 15.5 ~ 31.1 cm, 冠幅: 5 × 4 ~ 7 × 8, 林下枯枝落叶层厚 1 ~ 1.5 cm	桃树 (<i>Amygdalus</i>)、李树 (<i>Prunus</i>)、核桃树 (<i>Juglans regia</i>)
喀斯特自然灌木林 Karst natural shrubby	30 ~ 40	25°50'59" ~25°51'04"N 105°16'49" ~105°16'57"E	1 363 ~ 1 386	林分垂直结构单一, 无乔木或有少数乔木层, 主要以自然灌木林为主, 高度 0.6 ~ 1.4 m, 地径 1 ~ 2.5 cm, 覆盖率 15% ~ 25%, 林下枯枝落叶层厚度约 0.5 ~ 1.0 cm	雀梅藤 (<i>Sageretia thea</i>)、火棘 (<i>Pyracantha fortuneana</i>)、青篱柴 (<i>Tirpitzia sinensis</i>)、白刺花 (<i>Sophora davidii</i>)、五节芒 (<i>Miscanthus floridulus</i>) 等
喀斯特人工灌木林 Karst artificial shrubby	20 ~ 25	25°54'59" ~25°55'07"N 105°15'55" ~105°16'03"E	772 ~ 779	林分结构单一, 无乔木层, 以人工灌木林为主, 高度 0.8 ~ 1.8 cm, 地径 0.8 ~ 1.3 cm, 覆盖率 28% ~ 40%, 林下枯枝落叶层厚度约 0.5 ~ 1.0 cm	车桑子 (<i>Dodonaea viscosa</i>)

取36块20 m×20 m的典型样地,通过标准样地测定法,测量乔木层中每棵树种的高度、冠幅、胸径、枝下高。灌木、草本和半灌木层中物种的株数和多度、覆盖度以及高度等相关数据。

土壤采样:在所在样地内随机采集土壤混合样,在自然林和人工林中从地表1~20 cm,20~40 cm,40~60 cm分别取土样约50 g,草地取0~20 cm、0~40 cm,灌木林由于土层薄,取表面0~20 cm,土样由自封袋密封,并置于冰箱中低温冷藏,以防蒸发、受潮。

2.2 生物量的计算

以乔木层和灌木层测出的不同树种胸径(D)、树高(H)为变量,运用 $W = a(D^2 \times H)^b$ 回归式分别计算出乔木、灌木及乔木地上部分样本林地生物量。

$$W_{\text{乔木地上}} = 0.075 \times (D^2 \times H)^{0.8941}, n = 30 \quad [22];$$

$$W_{\text{灌木地上}} = 190.800 \times (D_2 \times H)^{0.5812},$$

$$r = 0.8842, n = 119$$

2.3 土壤碳储量计算公式

土壤碳密度(t/hm^2) = [土壤容积密度(g/cm^3) × 土层深度(cm) × 对应的碳含量] × 100 (碳含量用小数表示)

土壤有机质的测定:重铬酸钾氧化-外加热法^[22]

土壤容重计算:土壤容重(g/cm^3) = W/V , W 表示烘干土壤质量(g), V 表示环刀容积(cm^3)。

2.4 植被碳储量的计算

乔木和灌木碳储量的估算,涉及生物量的计算公式为:

$$\text{碳含量} = \text{生物量} \times \text{各优势种含碳率} \quad [23]$$

其中乔木的含碳量取值0.68,灌木的含碳率取0.67^[24]。

3 结果与分析

3.1 表层土壤碳密度概况

流域内6种植被类型表层土壤碳密度存在较大差异(图1)。自然灌木林单位面积土壤表层(0~20 cm)碳密度为 $72.66 \pm 28.73 t/hm^2$,人工灌木林(车桑子林)单位面积碳密度较自然灌木林小,为 $31.88 t/hm^2$ (灌木层土层较薄,只测量表层土壤碳密度);乔木林平均单位面积碳密度为 $55.97 t/hm^2$,其中经果林(桃树林、李树林、梨树林等)最大,为 $68.22 \pm 10.95 t/hm^2$,其次是人工林(楸树林),为

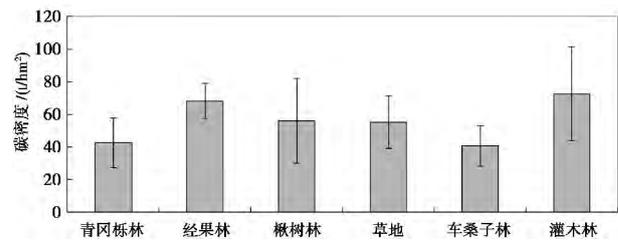


图1 不同林型表层土壤(0~20 cm)的碳密度

Fig. 1 Different forest types of soil carbon density(0~20 cm)

$56.07 \pm 25.99 t/hm^2$,自然林(青冈栎)表层土壤碳密度在乔木林中最低,为 $42.63 \pm 15.10 t/hm^2$;草地表层土壤固碳密度为 $55.14 \pm 16.21 t/hm^2$ 。不同植被的表层土壤碳密度大小依次为:灌木林 > 经果林(桃树林) > 人工林(楸树林) > 草地 > 自然林(青冈栎林) > 人工灌木林(车桑子林)。

不同植被类型之间碳密度与土壤平均有机碳含量都具有随土壤的深度增加而递减的趋势。表层土壤(0~20 cm)碳密度在整个土壤碳密度中所占比例最大。草本表层土壤(0~20 cm)占61.02%,底层(20~40 cm)占38.99%,乔木林表层(0~20 cm)土壤碳密度占总土壤的40.43%~45.46%,中层(20~40 cm)占30.17%~36.19%,底层(40~60 cm)占18.35%~26.79%。

3.2 流域生态系统的碳格局

3.2.1 不同生态系统碳密度

在测定植被含碳率与土壤有机碳含量的基础上,研究晴隆喀斯特峡谷地区孟寨流域主要生态系统碳密度分配及其储量动态。结果表明:植被平均碳密度为 $2.01 t/hm^2$ (荒草地)~ $64.83 t/hm^2$ (自然林);土壤有机碳碳密度为 $28.23 \sim 115.31 t/hm^2$,其差异程度为表层最高,随土壤深度增加,有机碳含量及其差异逐渐减小;各生态系统中地被物碳贮量的绝对数量相差较大,其中森林生态系统的地被物含量较高,贮存的碳也较多,但对整个生态系统碳贮量的贡献低于5%。不同生态系统的植被含碳率与土壤含碳量均表现为旱地(HD) > 水田(ST)、自然林(ZRL) > 经果林(JGL) > 人工林(RGL)、灌丛(GC) > 草地(CD) > 旱草地(HCD)。植被地上部分碳密度与地下部分(根系+土壤)碳密度范围分别为旱草地(HCD) $1.18 t/hm^2$ ~ 自然林(ZRL) $42.13 t/hm^2$,旱草地(HCD) 29.46 ~ 经果林(JGL) $78.65 t/hm^2$ 。土壤分配比例均大于植被分配比例,其中土壤分配比例随着正向演替的进行呈下降趋势。

表 2 峡谷型喀斯特不同生态系统碳密度
Table 2 The main carbon distribution of karst canyon area

生态系统 Ecosystem	植物		枯落物层		土壤		地上部分		地下部分		合计
	碳密度 /(t/hm ²)	百分比 /%	碳密度 /(t/hm ²)								
水田	—	—	—	—	112.26	100	—	—	112.26	100.00	112.26
旱地	—	—	—	—	115.31	100	—	—	115.31	100.00	115.31
旱草地	2.01 ± 0.81	6.65	0.041	0.32	28.23 ± 4.79	93.03	1.18 ± 0.46	3.85	29.46 ± 5.13	96.15	30.6 ± 5.60
草地	3.13 ± 1.12	5.37	0.056cC	0.25	55.14 ± 16.21	94.38	1.84 ± 0.64	3.12	57.17 ± 16.70	96.88	59.01 ± 17.33
灌丛	10.19 ± 6.14	15.22	0.479bB	4.35	56.78 ± 28.73	80.43	6.29 ± 3.49	8.98	63.72 ± 31.37	91.02	70.01 ± 34.87
人工林	16.20 ± 12.11	22.42	0.24bB	1.16	56.07 ± 25.99	76.42	9.47 ± 6.90	12.83	64.40 ± 31.20	87.17	73.87 ± 38.10
自然林	64.83 ± 25.40	60.33	5.18aA	4.90	42.63 ± 15.10	34.77	42.1 ± 14.47	37.29	70.86 ± 26.02	82.71	112.99 ± 40.05
经果林	21.93 ± 14.13	24.33	0.52	1.66	68.22 ± 10.95	74.01	13.02 ± 8.05	14.20	78.65 ± 17.03	85.79	91.67 ± 25.08

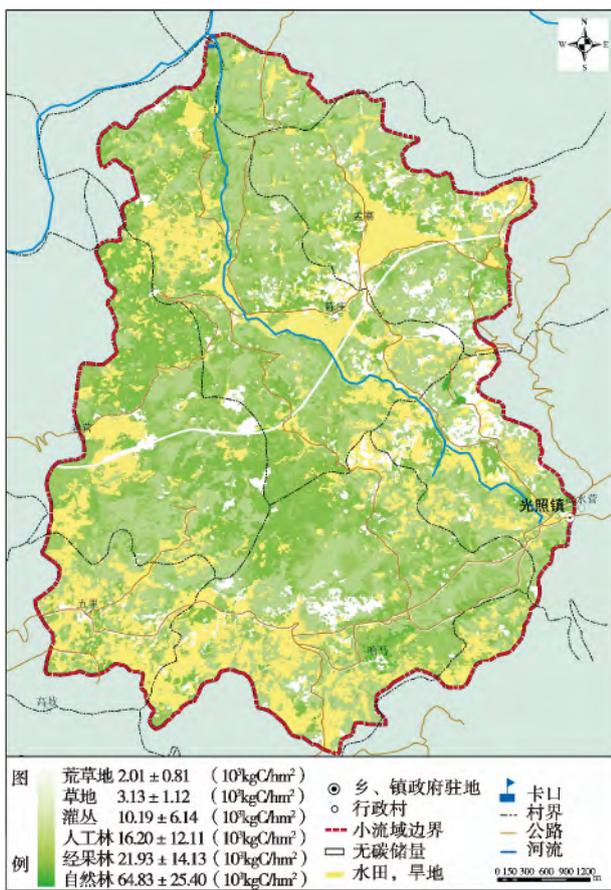


图 2 孟寨流域植被碳密度分布图

Fig. 2 Vegetation carbon density distribution in Mengzhai watershed

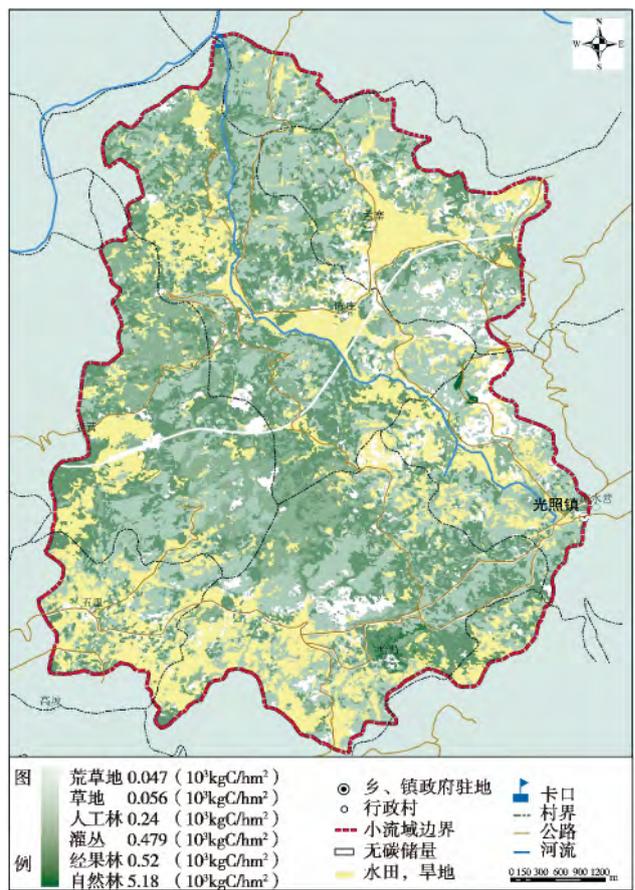


图 3 孟寨流域枯落物层碳密度分布图

Fig. 3 Litter layer carbon density distribution in Mengzhai watershed

根据孟寨流域土地利用及石漠化现状,结合样地调查数据,差值获得流域碳储量现状及碳密度的空间分布(图 2~5)。流域上游中游的碳密度高于下游。坡度较陡海拔较高处,自然林的覆盖率高,植被碳密度较大(71.67 t/hm²);陡坡中部(900 m <

H < 1 150 m) 石质荒坡车桑子群落由于山体坡度大、土层浅薄、立地条件差导致该地植被碳密度较小(3.34 t/hm²)。陡坡沟底灌木林(H < 900 m)碳密度(16.9 t/hm²)大于中部石质荒坡碳密度,小于海拔较高处。缓坡上部(H > 1150 m)为林草复合系统,

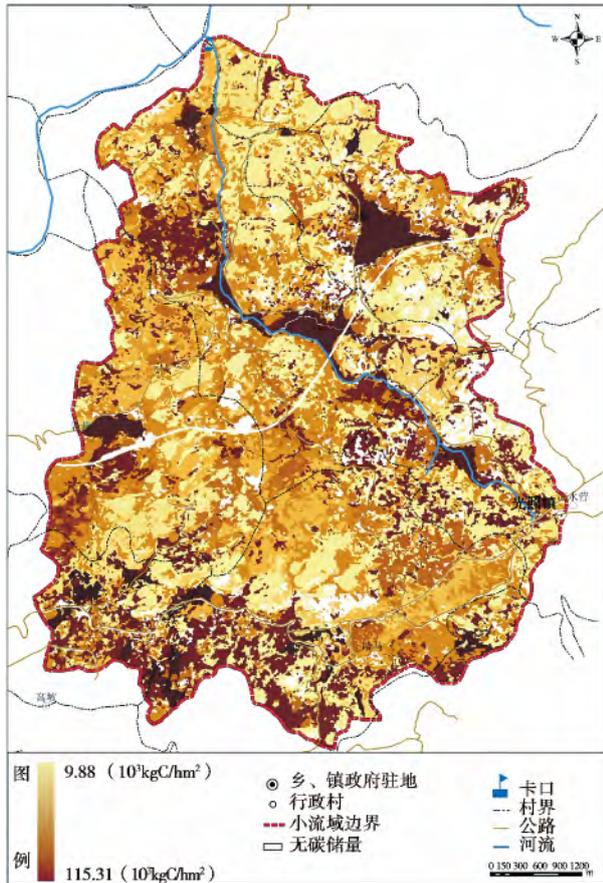


Fig. 4 Soil carbon density distribution in Mengzhai watershed

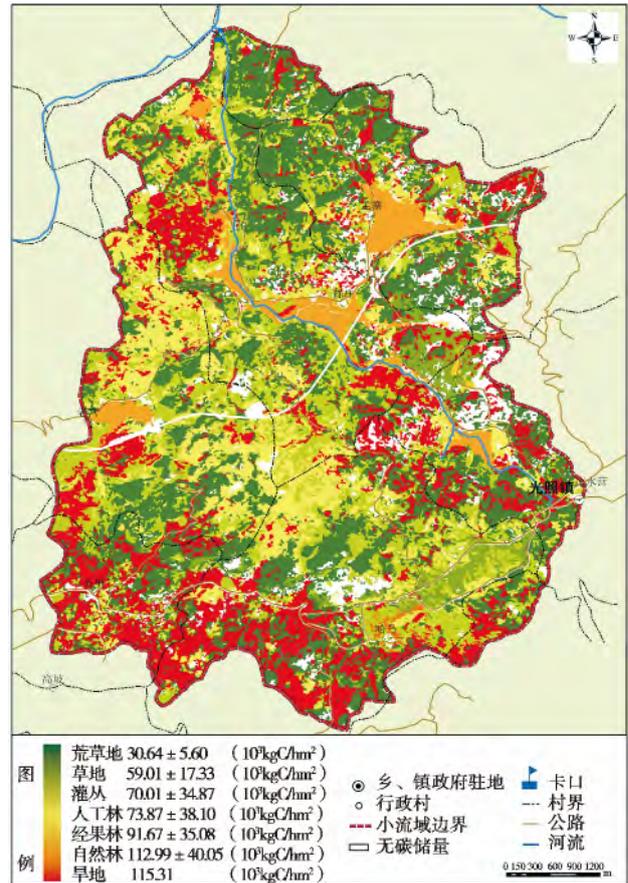


Fig. 5 The mainly ecosystem of carbon density distribution in Mengzhai watershed

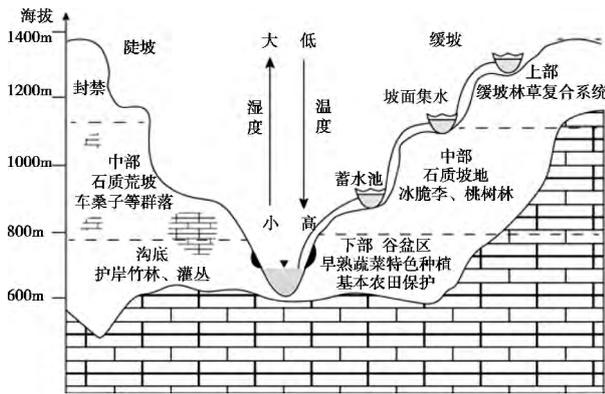


Fig. 6 Desertification control of Karst canyon area

碳密度(25.65 t/hm²)较陡坡同一高度小,同时由于缓坡中部进行了坡改梯工程,种植冰脆李、桃树林等经果林,有效提高了碳密度,使得缓坡底部和缓坡碳密度相当(图6)。

流域上、中游碳密度高于下游,陡坡顶部的碳密度 > 缓坡顶部,陡坡中部碳密度 < 缓坡中部,陡坡部分顶部碳密度 > 底部 > 中部,缓坡部分顶部碳密度

> 中部 > 底部。

3.3 峡谷生态系统与其他生态系统碳密度对比

3.3.1 自然林与其他区域主要森林类型的比较

喀斯特峡谷区自然林碳密度分布格局与常绿阔叶林、针阔混交林的碳分布格局不同,后两者分布类似。晴隆地区自然林植被部分碳密度比例(60%) > 常绿阔叶林(21%)、针阔混交林(19.32%);土壤碳密度比例(35%) < 针阔混交林(78.61%)、常绿阔叶林(77%);晴隆地区地上碳密度比例(33%) > 常绿阔叶林(14%)、针阔混交林(13%),喀斯特地区地下碳密度 < 针阔混交林(87%)、常绿阔叶林(86%)(图7)。

喀斯特峡谷不同生态系统植被碳密度表现为: 2.01 ± 0.81 ~ 64.83 ± 25.40 t/hm²,其他区域的研究发现,西双版纳季节雨林植枯落物层碳密度 154.67 t/hm²[25],鼎湖山常绿阔叶 149.45 t/hm²[26],长白山阔叶红松 129.03 t/hm²[26],温带落叶针阔混交林约为 140 t/hm²[14],喀斯特植被部分碳密度较全国其他地区偏小。

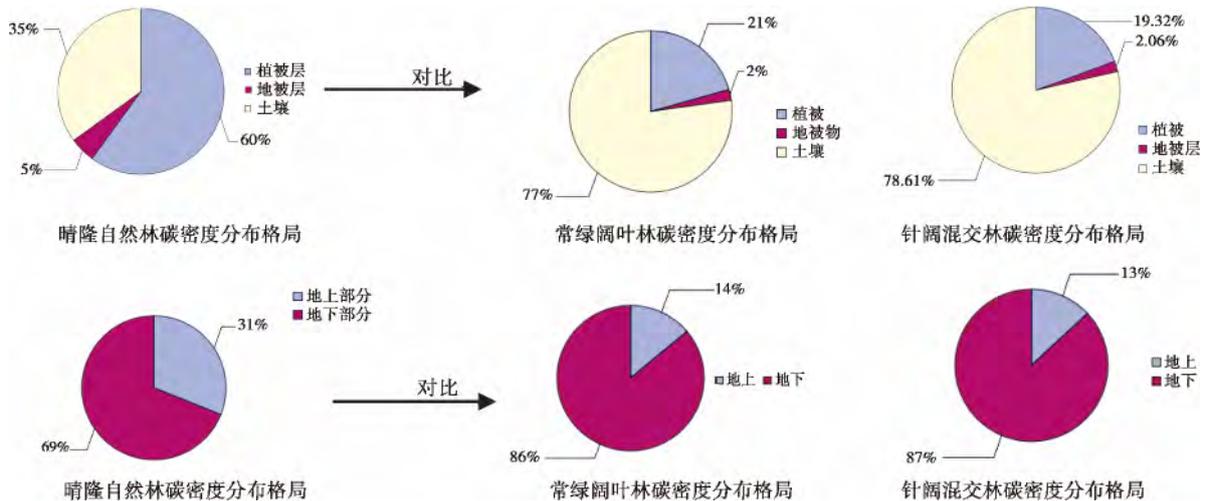


图7 晴隆自然林碳密度与亚热带主要生态系统的比较

Fig. 7 natural forest carbon density of Qing long compared with subtropical main vegetation types

3.3.2 灌木林与其他区域主要灌木类型的比较

晴隆地区灌木林碳密度较其他地区碳密度偏低:晴隆峡谷型地区灌木植被部分碳密度为 $10.19 \pm 6.14 \text{ t/hm}^2$, 茂兰自然灌木群落碳密度为 $24.5 \sim 45.67 \text{ t/hm}^2$ [16], 亚热带、热带常绿、落叶灌丛碳密度为 $24.22 \pm 4.22 \text{ t/hm}^2$ [10-16]。

3.3.3 不同生态系统土壤碳与其他区域土壤类型的比较

喀斯特峡谷型流域(0~60 cm)土壤碳密度范围为 $58.16 \sim 154.13 \text{ t/hm}^2$, 平均为 119.66 t/hm^2 , 其中灌木土层较薄只测得0~20 cm 平均碳储量是 56.78 t/hm^2 , 草本(0~40 cm)土壤碳密度约 90.37 t/hm^2 , 而全国土壤碳密度平均值为 $80 \sim 124.8 \text{ t/hm}^2$ [27-34]; 南亚热带为 $55.54 \sim 151.16 \text{ t/hm}^2$ [12], 华东地区为 122.8 t/hm^2 [35], 东北 $212.1 \sim 390.4 \text{ t/hm}^2$ [22]。喀斯特峡谷型几种植被中灌木层与草本层土壤碳密度较其他地区土壤碳密度偏低, 乔木林土壤碳密度与其他地区土壤碳密度相当。

4 结论

1. 喀斯特峡谷流域上游中游的碳密度高于下游, 陡坡顶部的碳密度 > 缓坡顶部, 陡坡中部碳密度 < 缓坡中部, 陡坡部分顶部碳密度 > 底部 > 中部, 缓坡部分顶部碳密度 > 中部 > 底部。

2. 喀斯特峡谷型主要植被类型: 自然林(青冈栎林)、经果林(桃树林)、人工林(楸树林)、自然灌木林、人工灌木林、草地的植物层碳密度在 $2.01 \sim$

64.83 t/hm^2 , 较全国其他地区植被层碳密度相比表现为低生物量、低碳密度。

3. 土壤碳密度对群落碳密度贡献最大, 且不同植被类型碳密度与土壤平均有机碳含量, 均随土壤的深度增加而呈递减。喀斯特峡谷型流域(0~60 cm)土壤碳密度范围为 $58.16 \sim 154.13 \text{ t/hm}^2$, 平均为 119.66 t/hm^2 , 灌木和草本较全国其他地区土壤碳密度偏低。

4. 晴隆地区灌木林碳密度为 $10.19 \pm 6.14 \text{ t/hm}^2$ 低于其他主要地区碳密度, 显示了亚热带喀斯特峡谷型区域植被碳密度的基本特征, 为合理开发该区域生态资源提供了决策依据。

参考文献(References)

- [1] Moore III M, Braswell Jr BH. Earth metabolism: understanding carbon cycling[J]. *AMBIO*, 1994, 23: 4-12
- [2] Cheng liangwen. The vantage of tourism resource of Danxia landform scenery region in Zhejiang Province[J]. *Journal of Zhejiang University: Sciences Edition*, 2000, 27(5): 564-567 [陈谅闻. 浙江丹霞地貌风景区的旅游资源优势[J]. *浙江大学学报: 理学版*, 2000, 27(5): 564-567]
- [3] Li Xin, Ou Yangxunzhi, Liu Qijing. Carbon storage of forest vegetation and its geographical pattern in China's Jiangxi Province During 2001-2005[J]. *Journal of Natural resources*, 2011, 26(4): 655-665 [李鑫, 欧阳勋志, 刘琪璟. 江西省2001—2005年森林植被碳储量及区域分布特征[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(4): 655-665]
- [4] Olson J S, Watts J A, Allison L J. Carbon in live vegetation of major world ecosystems[R]. Report ORNL 258620. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn, 1983: 15-25
- [5] Zhao Min, Zhou Guangsheng. Carbon storage of forest vegetation and

- its relationship with climatic factors[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2004, 24(1): 50–54 [赵敏,周广胜. 中国森林生态系统的植物碳贮量及其影响因子分析[J]. 地理科学, 2004, 24(1): 50–54]
- [6] Song Lin. Rational thinking on the management strategy for karst desertification in Guizhou Province[J]. *Guizhou Forestry Science and Technology* 2012 40(3): 59–61 [宋林. 关于贵州省石漠化治理的思考[J]. 贵州林业科技 2012 40(3): 59–61]
- [7] Li Haitao, Wang Shanna, Gao Lupeng et al. The carbon storage of the subtropical forest vegetation in central Jiangxi Province [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2007 27(2): 693–704 [李海涛, 王姗姗, 高鲁鹏, 等. 赣中亚热带森林植被碳储量 [J]. 生态学报, 2007 27(2): 693–704]
- [8] Huang Congde, Zhang Jian, Yang Wanqing, et al. Spatiotemporal variation of carbon storage in forest vegetation in Sichuan Province [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(12): 2687–2692 [黄从德, 张健, 杨万勤, 等. 四川森林植被碳储量的时空变化[J]. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2687–2692]
- [9] Huang Congde, Zhang Jian, Yang Wanqing, et al. Dynamics on forest carbon stock in Sichuan Province and Chongqing City [J]. *Acta Ecologica Sinica*. 2008 28(3): 966–975 [黄从德, 张健, 杨万勤, 等. 四川省及重庆地区森林植被碳储量动态 [J]. 生态学报, 2008 28(3): 966–975]
- [10] Wei Haidong, Ma Xiangqing. Study on the carbon storage and distribution of *Pinus massoniana* Lamb plantation ecosystem at different growing stages [J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed.*, 2007, 35(1): 171–174 [尉海东, 马祥庆. 不同发育阶段马尾松人工林生态系统碳贮量研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(1): 171–174]
- [11] Wei Haidong, Ma Xiangqing. A study on the Carbon Storage and distribution in Chinese *Fir Plantation* ecosystem of different growing stages in mid-subtropical zone [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2006 28(2): 239–243 [尉海东, 马祥庆. 中亚热带不同发育阶段杉木人工林生态系统碳贮量研究 [J]. 江西农业大学学报, 2006 28(2): 239–243]
- [12] Zhang Xiuyu, Xu Zhencheng, Zeng Fantang et al. Carbon density distribution and storage dynamics of forest ecosystem in Pearl River Delta of low subtropical China. [J]. *China Environmental Science* 2011 31(Suppl.): 69–77 [张修玉, 许振成, 曾凡棠, 胡习邦, 韩秋萍. 珠江三角洲森林生态系统碳密度分配及其储量动态特征[J]. 中国环境科学 2011 31(增): 69–77]
- [13] Cheng Tangren, Feng Jing, Ma Qinyan et al. Carbon pool and allocation of forest vegetations in Xiaolong Mountains, Gansu Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008 28(1): 33–44 [程堂仁, 冯菁, 马钦彦, 等. 甘肃小陇山森林植被碳库及其分配特征 [J]. 生态学报, 2008 28(1): 33–44]
- [14] Ma Qinyan, Chen Xialin, Wang Juan et al. Carbon content rate in constructive species of mainforest types in northern China [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2002 24(5/6): 96–100 [马钦彦, 陈遐林, 王娟, 等. 华北主要森林类型建群种的含碳率分析 [J]. 北京林业大学学报, 2002 24(5/6): 96–100]
- [15] Whittaker R H, Likens G E. The Biosphere and Man [G]//Lieth H, Whittaker R H. *Primary Productivity of the Biosphere*. New York: Springer-Verlag, 1975: 305–328
- [16] Xia Huanbai. Biomass and net primary production in different successional stages of karst vegetation in Maolan, sw China [J]. *Guizhou Forestry Science and Technology*, 2010 38(2): 1–8 [夏焕柏. 茂兰喀斯特植被不同演替阶段的生物量和净初级生产力估算 [J]. 贵州林业科技 2010 38(2): 1–8]
- [17] Hu Huifeng, Wang Zhiheng, Liu Guohua et al. Vegetation Carbon storage of major shrublands in China [J]. *Journal of Plant Ecology (formerly Acta Phytocologica Sinica)*, 2006 30(4): 539–544 [胡会峰, 王志恒, 刘国华, 等. 中国主要灌丛植被碳储量 [J]. 植物生态学报 2006 30(4): 539–544]
- [18] Rong Li, Xiong Kangling, Li Junliang. Characteristics of flora and CO₂ occurrence of all species among communities with different rocky desertification degrees in karst Huajiang Gorge [J]. *Journal of Guizhou Normal University: Natural Sciences*, 2011 29(3): 9–13 [容丽, 熊康宁, 李俊良. 花江喀斯特峡谷区不同石漠化等级植物群落区系特征及其相似度 [J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版 2011 29(3): 9–13]
- [19] Wu Yanyou. Strategies to increase carbon fixation and sequestration by karst-adapted plants [J]. *Carsologica Sinica*, 2011 30(4): 461–465 [吴沿友. 喀斯特适生植物固碳增汇策略 [J]. 中国岩溶 2011 30(4): 461–465]
- [20] Yang Hankui, Cheng Shize. Study on biomass of the karst forest community in Maolan, Guizhou Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1991 11(4): 307–312 [杨汉奎, 程仕泽. 贵州茂兰喀斯特森林群落生物量研究 [J]. 生态学报, 1991 11(4): 307–312]
- [21] Zhu Shouqian, Wei Luming, Chen Zhenren, et al. A preliminary study on biomass components of karst forest in Maolan of Guizhou Province, China [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1995 19(4): 358–368 [朱守谦, 魏鲁明, 陈正仁, 等. 茂兰喀斯特森林生物量构成初步研究 [J]. 植物生态学报, 1995 19(4): 358–368]
- [22] Wu Peng, Chen Jun, Cui Yingchun et al. Study of soil organic carbon of major successional communities in Maolan Nature Reserve of Karst [J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology* 2012 32(12): 181–186 [吴鹏, 陈骏, 崔迎春, 等. 茂兰喀斯特植被主要演替群落土壤有机碳研究 [J]. 中南林业科技大学学报 2012 32(12): 181–186]
- [23] Tan Jin, Rong Li, Xiong Kangning. The interface between rocky desertification grade and vegetation carbon storage—Take Dingtan catchment as a study [J]. *Journal of Guizhou Normal University: Natural Sciences* 2013 31(12): 88–91 [谭晋, 容丽, 熊康宁. 石漠化等级与植被碳储量的相关性研究 [J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版 2013 31(12): 88–91]
- [24] Yin Xiaofen, Wang Hao, Jia Bin, et al. Forest carbon sink and potentials analysis in Guizhou province [J]. *Journal of Liaoning Forestry Science & Technology* 2012 (3): 12–15 [尹晓芬, 王灏, 贾斌, 等. 贵州省森林碳汇及潜力分析 [J]. 辽宁林业科技 2012, (3): 12–15]
- [25] Lu Xiaotao, Tang Jianwei, Yu Xiaogui et al. Carbon storage and distribution of Tropical Seasonal Rain Forest in Xishuangbanna, Yunnan [J]. *Mountain Research* 2006 24(3): 277–283 [吕晓涛, 唐

- 建维,于贵瑞,等. 西双版纳热带季节雨林的 C 贮量及其分配格局[J]. 山地学报, 2006, 24(3): 277-283]
- [26] Wang Bing, Yang Xiaosheng, et al. Comparison of Carbon Content and Carbon density of four typical zonal forest ecosystems [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2010, 36(4): 465-467 [王斌, 杨校生, 等. 4 种典型地带性森林生态系统碳含量与碳密度比较 [J]. 湖南农业大学学报, 2010, 36(4): 465-467]
- [27] Yu D S, Shi X Z, Wang H J, et al. National scale analysis of soil organic Carbon storage in China based on Chinese soil taxonomy [J]. Pedosphere, 2007, 17(1): 11-18
- [28] Fang J Y, Liu G H, Xu S L. Soil Carbon pool in China and its global significance [J]. Journal of Environmental Sciences, 1996, 8(2): 249-254
- [29] Wang S Q, Zhou C H, Li K R, et al. Estimation of soil organic Carbon reservoir in China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2001, 11(1): 3-14
- [30] Wu H B, Guo Z T, Peng C H. Land use induced changes of organic carbon storage in soils of China [J]. Global Change Biology, 2003, 9: 305-315
- [31] Xie X L, Sun B, Zhou H Z, et al. Soil organic carbon storage in China [J]. Pedosphere, 2004, 14(4): 491-500
- [32] Ni J. Carbon storage in terrestrial ecosystems of China: estimates at different spatial resolutions and their responses to climate change [J]. Climatic Change, 2001, 49: 339-358
- [33] Li K R, Wang S Q, Cao M K. Carbon storages of vegetation and soil in China [J]. Science in China (Series D), 2003, 33(1): 72-80
- [34] Li Z P, Han F X, Su Y, et al. Assessment of soil organic and carbonate Carbon storage in China [J]. Geoderma, 2007, 138: 119-126
- [35] Wang Shaoqiang, Zhou Chenhu, Li Kerang, et al. Analysis on spatial distribution characteristics of soil organic Carbon reservoir in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(5): 533-544 [王绍强, 周成虎, 李克让, 等. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析 [J]. 地理学报, 2000, 55(5): 533-544]

Carbon Distribution of Main Vegetation Types of Mengzhai Watershed in South China Karst Canyon Area

FAN Wenjuan^{1, 2}, RONG li^{1, 3}, ZHANG Zhenqiu⁴

(1. Guizhou Normal University, Guizhou Guiyang 550001, China; 2. Zhenjiang NO. 3 Middle School, Jiangsu Zhenjiang 212001, China; 3. Institute of geochemistry chinese academy of sciences, Guizhou Guiyang 550001, China; 4. Nanjing Normal University, Jiangsu Nanjing 210046, China)

Abstract: A Carbon storage of different vegetation types base on a survey on the arbor, shrub and herb layer in Mengzhai watershed, Qinglong county of Guizhou, China, combing with survey on the biomass and soil organic matter. We measured several vegetation layer and soil layer, analysed layer of Carbon density of the canyon karst, the plant type characteristics of Carbon density and distribution, found that Carbon density of upstream and midstream are higher than the downstream. The Carbon density of the steep slope at the top of is greater than the top of gentle slope, Carbon density of the middle steep slope less than central gentle slope. Furthermore, to steep section, the Carbon density of the top is higher than the bottom of the central. To gentle slope section, Carbon density of the bottom under than the top and central part of the slope. Carbon density of several vegetation layer between in 2.01 ~ 64.83 t/hm² which in Mengzhai watershed. Comparing with other parts of the vegetation layer, Carbon density in our study area showed low biomass and low Carbon density. The soil Carbon density was higher than vegetation layers which in 58.16 ~ 154.13 t/hm². Litter layer of Carbon deposits on the contribution of the whole ecosystem Carbon deposits is not big, all less than 5%. The thin soil, gravel content in karst valley is the main cause of the lower Carbon density than other regions.

Key word: karst watershed; plant Carbon density; Carbon landscape