在这样从 Acta Ecologica Sinica



第33卷 第16期 Vol.33 No.16

中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 科学出版社 出版

主办



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 16 期 2013 年 8 月 (半月刊)

目 次

封面图说:高寒草甸牦牛群——三江源区位于青藏高原腹地,平均海拔 4200m,是长江、黄河、澜沧江三条大河的发源地,也是全球气候变化最敏感的地区。三江源区高寒草甸植被状况对该区的生态环境、草地资源合理利用和应对全球气候变化具有十分重要的意义。2005 年以来,国家投资 70 多亿元启动三江源生态保护工程。监测显示,近年来,三江源湖泊湿地面积逐步扩大,植被覆盖度得到提高,三江源区高寒草甸的生态恶化趋势得到遏制。图为冒着风雪在三江源高寒草甸上吃草的牦牛群。

彩图及图说提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail:cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201205170739

张明阳,罗为检,刘会玉,章春华,岳跃民,王克林.基于林业清查资料的桂西北植被碳空间分布及其变化特征.生态学报,2013,33(16):5067-5077.

Zhang M Y, Luo W J, Liu H Y, Zhang C H, Yue Y M, Wang K L. Spatial distribution and change of vegetation carbon in Northwest Guangxi, China on the basis of vegetation inventory data. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33 (16):5067-5077.

基于林业清查资料的桂西北植被碳空间分布 及其变化特征

张明阳1,4、罗为检2、刘会玉3、章春华1,4、岳跃民1,4、王克林1,4,*

- (1. 中国科学院亚热带农业生态研究所 亚热带农业生态过程重点实验室,长沙 410125;
- 2. 国家林业局中南林业调查规划设计院,长沙 410014; 3. 南京师范大学地理科学学院,南京 210046;
 - 4. 中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站,环江 547100)

摘要:基于2005—2010 年林业资源清查数据,采用材积源生物量法,运用地理信息系统技术,估算和分析了桂西北植被碳密度及其储量的空间分布及其变化。结果显示:(1) 研究区域从2005 年到2010 年呈现碳汇变化趋势,植被碳储量由4.19×10⁴t增加到4.27×10⁴t(增幅为1.84%),植被碳密度从29.04t/hm²增加到29.57 t/hm²。(2) 从治理措施、林种起源方式及林种类型来看,自然保护区的植被碳密度最大,超过40 t/hm²。2005—2010 年,人工植苗、直播、飞播和萌生方式植被碳密度增加,退耕还林工程的植被碳密度均呈明显增长(增加3.00 t/hm²),所有林种碳密度都呈不同程度的增长。(3)植被碳密度空间分布上,大致表现为西部高、中东部低,北部高、南部低。西部区植被碳密度均值超过40 t/hm²,中东部区植被碳密度均值低于25 t/hm²。植被碳密度变化在空间分布上表现为无论是非喀斯特区还是喀斯特区的植被碳密度都有增长趋势,其中有7个县市植被碳密度升级为更高等级。研究表明,随着退耕还林、生态移民等治理措施的实施,区域植被碳密度显著增加,生态环境好转。关键词:桂西北;植被碳;碳密度;生物量转换因子;林业清查资料

Spatial distribution and change of vegetation carbon in Northwest Guangxi, China on the basis of vegetation inventory data

ZHANG Mingyang^{1,4}, LUO Weijian², LIU Huiyu³, ZHANG Chunhua^{1,4}, YUE Yuemin^{1,4}, WANG Kelin^{1,4,*}

- 1 Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China
- 2 Central South Forest Inventory and Planning Institute of State Forestry Administration, Changsha 410014, China
- 3 College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China
- 4 Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystems , Chinese Academy of Sciences , Huanjiang 547100 , China

Abstract: Based on the vegetation inventory data, we investigated the density, storage and spatial characteristics and dynamics of vegetation carbon in Northwest Guangxi, China from 2005 to 2010, using biomass expansion factors and spatial analysis, respectively. The results showed that the total storage of vegetation carbon increased from 4.19 × 10⁴ t to 4.27 × 10⁴ t, about 1.84% per year. Similarly, the density of vegetation carbon also increased from 29.04t/hm² to 29.57 t/hm². Vegetation carbon density was highest (>40 t/hm²) in National Nature Reserve. From 2005 to 2010, vegetation carbon

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31000223,41071340);中国科学院西部行动计划资助项目(KZCX2-XB3-10);中国科学院亚热带农业生 态所青年人才领域前沿资助项目(ISACX-LYQY-QN-1102);中国科学院"西部之光"人才培养计划资助项目

收稿日期:2012-05-17; 修订日期:2012-10-26

^{*}通讯作者 Corresponding author. E-mail: kelin@isa. ac. cn

density in the previously non-vegetated land increased significantly through artificial seeding, direct seeding, aerial seeding or natural germination. Vegetation carbon density of revegetated land through Conversion of Cropland into Forestland Program was also increased by 3.00 t/hm². Vegetation carbon density from all types of forest stand was increased. With regards to the spatial distribution of carbon storage and density, the density was higher in the west, north, but lower in the middle-east, south. The average carbon density was more than 40 t/hm² in the west but lower than 25 t/hm² in the east and middle. The carbon storage and density in the karst areas and non-karst areas increased. Furthermore, vegetation carbon density in seven counties had increased to higher grade. Our study indicated that the carbon storage and density of vegetation in the study area was increased significantly and ecosystem conditions was improved through the application of policies of karst rocky desertification control, such as ecological migration and Conversion of Cropland into Forestland Program.

Key Words: Northwest Guangxi China; vegetation carbon; carbon density; biomass expansion factor; vegetation inventory data

植被碳储量是估算陆地生态系统与大气间温室气体 CO2 交换量的关键因子,并成为多个重大科学计划 的研究主题[1]。喀斯特生态系统是陆地生态系统中的重要组成部分[2],具有活跃的 CO,-H,O-CaCO, 系统生 物/化学过程,在温室气体源汇关系效应中,既可能是汇,又可能是源,在全球碳循环中发挥着重要的作用[3]。 我国西南喀斯特区土层浅薄、土壤总量少,植被碳占碳库的比重远远高于其它类型区,植被碳储蓄的时空变异 特征成为喀斯特区域碳循环研究中迫切需要解决的科学问题。20世纪90年代以来,随着国家八七扶贫计划 及西部大开发战略的实施,实施了退耕还林(还草)、封山育林、生态移民等治理措施。到 2010 年 1 月广西已 投入石漠化治理资金超过5亿元,封山育林、人工造林、加强管护、建沼气池、砌墙保土、生态扶贫、异地搬迁、 加工增收被作为综合治理的8条基本经验全面推广[4]。随着石漠化综合治理试点工程的启动,研究喀斯特区 植被的固碳效应对评价石漠化综合治理工程的效益具有重要的科学意义。我国不少学者对西南喀斯特区的 碳循环进行了相关研究[5-8],但一般集中于土壤有机碳的探讨,且几乎都是生态系统尺度的微观研究,区域尺 度的研究还刚刚开始,任道重远。因此,探讨喀斯特区域植被碳储蓄,揭示典型喀斯特区域植被碳储蓄的时空 分异特征,不仅能为喀斯特石漠化综合治理工程的效益评价提供科学参考,而且能为准确估算喀斯特区域碳 储量与减缓我国环境外交谈判中来自碳排放方面的压力提供基础数据与科学依据。本文以进行了大规模生 态环境移民的桂西北区(河池、百色共23个县市)为研究区域,基于2005—2010年林业清查资料,结合相关文 献、统计数据和基础地理数据,从碳储量和密度的空间分布和年际变化的角度,对植被碳储量及密度进行估 算,旨在揭示桂西北植被碳库大小以及在空间上的分布差异,为明确生态移民等石漠化治理措施效果和喀斯 特生态系统碳循环研究提供数据支持和参考。

1 研究区概况

桂西北地处广西西北边陲、云贵高原南麓,介于 104°29′—109°09′E,23°41′—25°37′N 之间(地理位置见图 1)。总面积约为 6.94 万 km²,包括广西河池市 11 个县(市)和百色市 12 个县市。属于中亚热带南缘季风气候,年平均气温在 19.5℃,年均降水在 1000mm,时空分布不均。以山地、峰丛洼地为主,山区面积比例大(百色和河池分别为 30% 和 59%)。海拔从 2000 多米降至 100 多米,呈西北向东南降低的空间分布,由西向东的地貌类型主要分为中山、低山和峰丛洼地。成土母岩主要有石灰岩、紫色岩等。喀斯特地貌广为发育,是全国 18 个贫困地区之一,有 19 个国家级重点扶持贫困县(百色 10 个,河池 9 个)。

2 数据与方法

2.1 资料来源

主要数据是 2005—2010 年林业清查数据(来源于中南林业勘测设计院),具体做法是采用系统抽样的方法,在五万分之一的地形图上,按照 6km×8km 的网格进行机械布点,以每个网格的西南交叉点为基准点布设

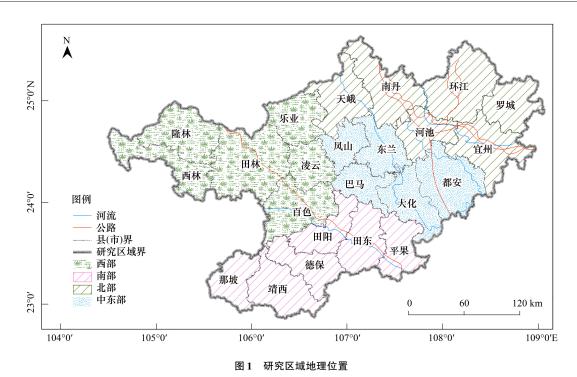


Fig. 1 Location in the study area

25.82m×25.82m 的正方形固定样地,每个样地面积 0.0667hm²。本区域共总 1444 个样地,有样地号、优势树种、胸径、林分蓄积等 60 多项因子。公益林等相关林业数据来源于广西林业厅。

2.2 研究方法

2.2.1 生物量

(1) 乔木林生物量。基于森林资源清查资料的生物量估算方法已从材积比值法、蓄积量转化法发展到生物量转换因子法(BEF,也称材积源转换法)^[9],生物量转换因子法是目前估测植物生物量的常用方法。蓄积量是生长的立地、气候和年龄及其他各因素的综合反映,在不同林分类型中二者存在着良好的回归关系^[10-11]。故采用材积源生物量法和已经建立的回归方程^[10-12],计算乔木林的生物量。

BEF 值(f_{BEF})随着林龄、立地、林分密度、林分状况不同而异,而林分蓄积量综合反映了这些因素的变化,林分蓄积量(V)与 f_{BEF} 具有如下函数关系^[10]:

$$f_{\text{RFF}} = a + b/V \tag{1}$$

式中, a 和 b 为转换因子参数(常数)。按照 BEF 的定义, 林分的公顷生物量(B, t/hm²)可以由公顷蓄积量(V, m³/hm²)和所对应的换算因子相乘得到,即:

$$B = aV + b \tag{2}$$

因此林分生物量(W)可以用下式表示:

$$W = \sum_{i=1}^{k} A_i \times \text{FBEF}_i \times V_i \tag{3}$$

式中,i 为优势树种 $,A_i,V_i,F_{REF}$ 分别为第i 优势树种的林分面积、平均蓄积量和对应换算因子。

(2) 非乔木林生物量。根据文献^[10-14],疏林、灌木林和竹林生物量采用平均生物量,疏林取 23.70 t/hm^2 , 灌木林取 19.79 t/hm^2 , 竹林取 22.50 t/hm^2 。

2.2.2 植物碳含量及其碳储量

植物碳含量也称含碳率,其计算方法主要有常数法^[15]、直接测定法^[16]、分子式推导法^[14]。此次选用常值 0.50 作为碳含量的计数值。

植被碳储量以植被生物量(W)乘以碳含量(C)推算求得植被的碳储量(C),其计算公式为:

$C = W \times Cc$

植被碳密度为单位面积的植被碳储量,即植被的碳储量除以其总面积。此次试验的碳储量仅指植被的碳储量,不包括凋落物层和土壤层的碳。

2.2.3 数据统计

采用《国家森林资源连续清查技术规定》的技术标准以及成数法、均数法^[13]对数据进行均数与总量的统计与分析,保持前后期数据的连续可比性。运用 ARCGIS 9.3、Microsoft Excel 2003 软件。根据样点生物量转化求得样点植被碳储量,在 ARCGIS 9.3 进行空间分析,得到区域各二级地类碳储量及其变化统计情况。

3 结果与分析

3.1 区域植被碳储量和密度及其变化

研究区域从 2005 年到 2010 年,呈现碳汇变化趋势,植被碳密度从 29.04t/hm² 增加到 29.57 t/hm²(表 1),相应地,植被碳储量由 4.19×10⁴t 增加到 4.27×10⁴t,增幅为 1.84%。与全国植被碳密度 38.05t/ hm²[17]相比,研究区域植被碳密度偏低。与其它学者的研究结果相比,研究区域植被碳密度低于福建省(32.85 t/ hm²)[18]和海南省(32.59 t/ hm²)[19],高于北部的湖南省(18.53 t/ hm²)[20]和四川省(18.47t/ hm²)[21],与江西省(25.38t/ hm²)[11]森林植被碳密度值较为接近。

表 1 研究区域 2005—2010 年植被碳储量和密度及其变化

Table 1 Vegetation carbon storage and density and its change in the study area in 2005 and 2010

地类	分类	样地数 Sample number		植被碳密度 Vegetation carbon density /(t/hm²)			植被碳储量 Vegetation carbon storage/10³ t			
Land type	Classification	2005	2010	2005—2010	2005	2010 2005—2010		2005	2010	2005—2010
林地	乔木林	488	546	58	37.16	37.21	0.05	18.14	20.32	2.18
Forested land	红树林	124	118	-6	25.61	25.45	-0.15	3.18	3	-0.17
	竹林	10	11	1	29.35	28.52	-0.83	0.29	0.31	0.02
	疏林	7	_		26.06	_	_	0.18	0	0
	特灌林	216	233	17	24.56	24.51	-0.05	5.31	5.71	0.41
	其它灌林	8	11	3	25.34	24.85	-0.49	0.2	0.27	0.07
	未成林造林	39	17	-22	24.77	25.23	0.46	0.97	0.43	-0.54
	未成林封育	3	1	-2	24.38	24.38	0	0.07	0.02	-0.05
	采伐无立木林	9	24	15	24.73	25.34	0.61	0.22	0.61	0.39
	火烧无立木林	1	6	5	24.38	25.08	0.7	0.02	0.15	0.13
	其它无立木林	7	12	5	24.49	25.46	0.98	0.17	0.31	0.13
	宜林荒山	71	45	-26	24.6	25.04	0.44	1.75	1.13	-0.62
	其它宜林	4	3	-1	25.22	25.66	0.43	0.1	0.08	-0.02
非林地	耕地	324	308	-16	24.86	24.8	-0.06	8.06	7.64	-0.42
Non forested land	牧草地	18	10	-8	24.9	25.31	0.4	0.45	0.25	-0.2
	水域	14	19	5	24.55	24.41	-0.15	0.34	0.46	0.12
	未利用地	70	45	-25	24.41	24.55	0.14	1.71	1.1	-0.6
	城镇用地	5	6	1	24.38	24.38	0	0.12	0.15	0.02
	农村居民点	20	22	2	25.37	25.99	0.62	0.51	0.57	0.06
	建设用地	3	5	2	24.38	25.2	0.82	0.07	0.13	0.05
	其它用地	3	2	-1	25.26	26.06	0.8	0.08	0.05	-0.02
合计 Total	_	1444	1444	_	29.04	29.57	0.53	41.93	42.7	0.76

各地类植被碳密度,2005 年和 2010 年都是乔木林地的碳密度最大(分别 37.16 t/hm^2 和 37.21 t/hm^2), 其次为竹林地(分别为 29.35 t/hm^2 和 28.52 t/hm^2),植被碳密度少的是建设用地、城镇居民用地,几乎都没超过 25 t/hm^2 。各地类植被碳储量,2005 年和 2010 年碳储量最大的依然是乔木林地(分别为 1.81×10⁴ t 和 2.03×10⁴t),分别占各自年份总植被碳储量的43.26%和47.59%。

由于样地是固定样地,样地数量变化在一定程度上可以表明区域植被转换状况。在 2005 年到 2010 年期 间,乔木林和特灌林增加不少(分别为58个和17个),宜林荒山地、未利用地、耕地等减少最多(表1)。至 2010 年 6 月底,广西已完成工程建设 902666.70 hm²,其中退耕还林 232666.70 hm²,荒山荒地造林 581333.3 hm²,封山育林 88666.67 hm²①。乔木林地和特灌林地增加、荒山地和未利用地及耕地的大量减少,说明区域 植被覆盖条件趋于好转,退耕还林生态环境治理措施效果明显。

植被的密度与其年龄密切相关。2005 年不同龄组的碳密度依次为:成熟林>中龄林>过熟林>近熟林>幼 龄林(表2),2010年不同龄组的碳密度依次为:成熟林>近熟林>中龄林>过熟林>幼龄林(表2)。碳密度高 的主要集中在成熟林、中龄林和近熟林,其中成熟林在 2005 年和 2010 年的碳密度分别为 66.06 t/hm² 和 61. 66 t/hm², 而幼龄林的碳密度相对最低(2005 年和 2010 年分别为 29. 79 和 30. 56t/hm²)。从植被碳密度在 2005—2010 年期间的变化来看,近成熟林的碳密度上升明显,达 10.12t/hm²,同时幼龄林和非林地的碳密度 也有少量增加;而过熟林、成熟林和中熟林的碳密度减少明显(表2)。由于样地是固定样地,从样地的数量变 化,在一定程度上可以表明区域植被覆盖林组转换状况。在2005—2010年期间,中龄林和幼龄林增加明显 (分别 29 个和 22 个),相应地,非林地大量减少(减少 64 个),在一定程度上表明研究区域植被覆盖条件好 转,退耕还林和植树造林等生态建设效果明显。

表 2 林分各龄组的植被碳密度及其变化 Vegetation carbon density and its change of vegetation types by age groun

	Table 2 Vegetai	ion carbon dens	ity and its change of v	egetation types by	age group			
IFV VII		样地			植被碳密度			
龄组		Sample number		Vegetation carbon density/(t/hm²)				
Age group —	2005	2010	2005—2010	2005	2010	2005—2010		
非林地 Non forest land	866	802	-64	24.80	24.83	0.04		
幼龄林 Young forest	357	379	22	29.79	30.56	0.77		
中龄林 Half-mature forest	185	214	29	43.68	40.22	-3.46		
近熟林 Near-mature forest	22	30	8	40.55	50.68	10.12		
成熟林 Mature forest	11	15	4	66.06	61.66	-4.40		
过熟林 Over-mature forest	3	4	1	41.13	35.81	-5.33		

研究区域各起源植被碳密度,从总体情况来讲,纯天然林和植苗的人工林碳密度大(表3),均超过 30t/hm²。不管是天然的萌生还是人工的萌生,植被碳密度均相对较小,在 2005 年分别是 27.16 t/hm² 和 27. 89 t/hm², 在 2010 年分别为 26. 55 t/hm² 和 32. 28 t/hm²。人工林中直播的碳密度最小, 在 2005 年和 2010

表 3 林分各起源的植被碳密度及其变化

Table 3	Vegetation carbon	density and its	change of	vegetation	types of	different origins
---------	-------------------	-----------------	-----------	------------	----------	-------------------

起源 Origin	起源方式 Mode of origin	碳	密度 Carbon density/(t	/hm ²)
起源 Origin	起源力式 Mode of origin	2005	2010	2005—2010
天然林 Natural forest	纯天然	31.73	32.08	0.35
	人工促进	32.52	30.58	-1.93
	萌生	27.16	26.55	-0.60
人工 Forest plantation	植苗	33.17	33.41	0.24
	直播	25.89	25.94	0.05
	飞播	31.92	35.93	4.01
	萌生	27.89	32.28	4.39

① 广西退耕还林工作情况汇报. 自治区退耕还林工作领导小组办公室. 2010.11.

年分别仅为 25.89 t/hm² 和 25.94 t/hm²。从各起源的植被碳密度变化来看,从 2005 年到 2010 年,人工的植苗、直播、飞播和萌生方式都是增加的,尤其是飞播和萌生方式增加明显(分别为 4.01 t/hm² 和 4.39t/hm²)。天然林中除了纯天然的有所增加外(0.35 t/hm²),天然中的人工促进和萌生两种方式都呈下降的变化趋势。这在很大程度上表明,人工造林措施在区域的植被影响较大,而且是正面影响。应该继续目前的人工造林措施,从而保证区域植被状况好转,使得区域植被碳储量增加和碳汇增强。

2.2 石漠化治理措施下植被碳密度及其变化

从不同工程类别区的植被碳密度来看(图 2),省级和国家级自然保护区的植被碳密度最大,均超过 40 t/hm²;而珠江防护林退耕还林工程、其它林业工程的植被碳密度都相对较低,绝大多数为 20 多 t/hm²(2005 年珠江防护林 25.13 t/hm²,退耕还林工程 24.68 t/hm²,其它林业工程 27.27 t/hm²;2010 年珠江防护林 30.77 t/hm²,退耕还林 27.68 t/hm²,其它林业工程 35.05 t/hm²)。不同工程类别植被碳密度变化,除了省级自然保护区的植被碳密度轻微减少外(减少 0.37 t/hm²),其他工程类别的植被碳密度均呈明显增长变化趋势,其中退耕还林工程的植被碳密度增加 3.00 t/hm²,珠江防护林的植被碳密度增加 5.64 t/hm²。截至 2011 年 3 月 20日,广西石漠化综合治理完成封山育林 71100hm²,人工造林 2040 hm²,其中 2010 年度完成封山育林 30160 hm²,完成人工造林 780 hm²①。这在很大程度上表明,通过实施退耕还林、封山育林、生态移民等措施,西南喀斯特地区退化生态系统的恢复重建取得了成效。

从不同类型林种的植被碳密度看(图 3),水源涵养林和国防特种用途林的植被碳密度相对较高,均超过 30 t/hm²(2005 年水源涵养林 36.49 t/hm²,国防特种用途林 34.73 t/hm²;2010 年水源涵养林 38.65 t/hm²,国 防特种用途林 36.22 t/hm²)。从变化来看,所有林种的植被碳密度都呈不同程度的增长变化趋势,其中尤其是用材林、水源涵养林和国防特种用途林,分别增加 7.79、2.15 t/hm² 和 1.50 t/hm²。

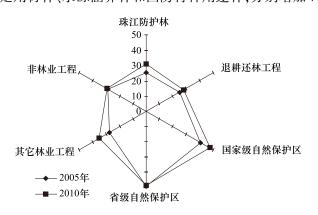


图 2 不同工程类别区的植被碳密度(t/hm²)

Fig. 2 Vegetation carbon density of different types of construction

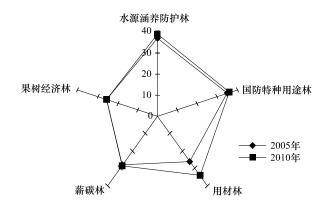


图 3 不同类型林种的植被碳密度(t/hm²)

Fig. 3 Vegetation carbon density of different types of vegetation species

从各石漠化分级强度区植被碳密度来看(图 4),除了潜在石漠化分级区碳密度超过 27t/hm² 外,其它的轻度、中度、强度和中度石漠化分级区碳密度都 25t/hm² 左右,其中重度石漠化区植被碳密度最低(24.38 t/hm²),这应该与重度石漠化区的低植被覆盖度相关。从变化来看,中度与强度石漠化区植被碳密度增加,重度石漠化区植被碳密度几乎不变,而潜在和轻度石漠化区植被碳密度减少,这一定程度上说明在中度和强度石漠化区由于石漠化治理措施的实施生态环境好转,重度石漠化区由于植被破坏严重难以在短期内恢复而生态环境难以好转。同时,从喀斯特区与非喀斯特区植被碳密度可以看出(图 5),非喀斯特区植被碳密度明显高于喀斯特区(2005 年非喀斯特区 31.80 t/hm²,喀斯特区 26.49 t/hm²;2010 年非喀斯特区 32.49 t/hm²,喀斯

① 广西石漠化综合治理工程林业建设工作汇报. 广西壮族自治区林业厅. 2011年3月28日

特区 26.90 t/hm²),从 2005 年到 2010 年,无论非喀斯特区还是喀斯特区植被碳密度都处于增长变化趋势,与前期分析区域生态环境好转的结果—致[24-25]。

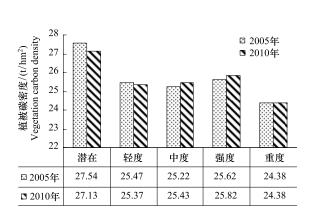


图 4 各石漠化分级强度区植被碳密度

Fig. 4 Vegetation carbon density of different grade of karst rocky desertification

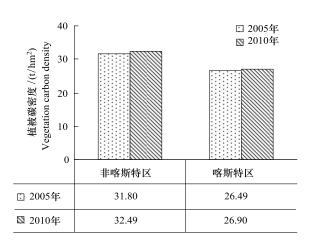


图 5 喀斯特区与非喀斯特区植被碳密度

Fig. 5 Vegetation carbon density in karst areas and non-karst areas

2.3 植被碳密度空间分布及其变化

植被碳密度空间分布上,大致表现为西部高、中东部低,北部高、南部低(图 6,表 4)。西部区不少样点的植被碳密度超过 40 t/hm²,而中东部区大量样点的植被碳密度低于 25 t/hm²。西部各行政区的植被碳密度主要集中在 26—36 t/hm²,中东部各行政区的植被碳密度集中在 25—30 t/hm²。这种分布趋势,与植被净第一性生产力和植被覆盖度的空间分布相近(2005 年,西部植被覆盖度均值超过 60%,净第一性生产力(NPP)均值超过 1000g/m²;中部地区植被覆盖率均值约 40%,NPP 约 500g/m²;北部和东部部分区域植被覆盖率小于30%,NPP 部分区域平均值在 100g/m²以下)[24-25]。广西石漠化土地 2333333.30hm²,石漠化面积居全国第三位,在 10 个市 76 县(市、区)均有分布[26]。主要分布于广西桂中偏西和桂西南地区,如位于桂中偏西的平果、大化、都安、马山、巴马、东兰、凤山县,位于桂西南的德保、田东县[26],而这些县主要就是分布在本研究区域的中东部和南部区域。

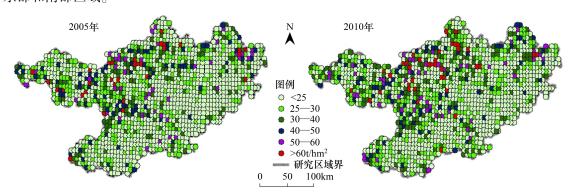


图 6 研究区域 2005 年和 2010 年样点植被碳密度分布情况

Fig. 6 Distributions of vegetation carbon density of samples in the study area in 2005 and 2010

从 2005 年到 2010 年植被碳密度变化在空间分布上,表现为绝大部分区域增加(图7,表4)。从各行政区植被碳密度的绝对数变化来看,在 23 个行政区中仅有 5 个行政区有下降(西林、百色、宜州、罗城、田东),除了西林下降幅度比较大之外(下降 2.63 t/hm²),其它 4 个行政区均轻微下降。相应地,表现在各行政区的植被碳密度等级分布空间图上(图7),有 16 个行政区的植被碳密度维持在原有分级水平,有 7 个行政区有不同

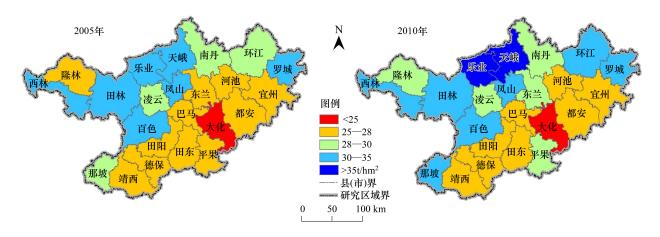


图 7 研究区域各县市植被碳密度分布

Fig. 7 Distributions of vegetation carbon density of different counties in the study area

程度的升级,其中隆林、那坡、平果、东兰、乐业、天峨、环江都由各自原属等级上升为上一个植被碳密度等级 (隆林、平果和东兰由 25—28 t/hm^2 等级提升为 28—30 t/hm^2 等级,那坡由 28—30 t/hm^2 等级提升为 30—35 t/hm^2 等级,乐业和天峨由 30—35 t/hm^2 等级提升为>35 t/hm^2 等级,环江由 28—30 t/hm^2 等级提升为 30—35 t/hm^2 等级)。据林业厅 2009 年广西公益林统计,隆林 18893. 33 hm^2 水源涵养林,乐业 2920 hm^2 水源涵养林和 960 hm^2 水土保持林,天峨 1493. 333 hm^2 水源涵养林和 380 hm^2 水土保持林,环江 5060 hm^2 水土保持林。

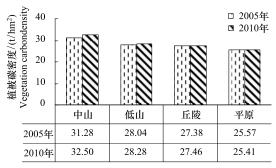
表 4 研究区域各县市 2005—2010 年植被碳密度及其变化

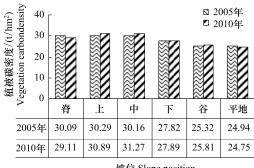
70 11 4	T7 4 44 1 1 14	3 14 3 0 3100 4	
Table 4	Vegetation carbon densit	y and its change of different	counties in the study area in 2005 and 2010

区域	行政区	植被碳密度 Veg	getation carbon d	lensity/(t/hm²)	标准差 Standard deviation			
Area	County	2005	2010	2005—2010	2005	2010	2005—2010	
西部 West	隆林	26.97	29	2.04	5.03	7.8	2.77	
	田林	32.48	33.63	1.15	13.33	13.97	0.64	
	乐业	35.63	36.08	0.45	13.37	14.5	1.13	
	凌云	28.39	29.68	1.29	8.25	9.86	1.61	
	百色	33.49	33.15	-0.34	11.08	9.33	-1.75	
	西林	32.85	30.22	-2.63	13.64	10.21	-3.42	
中东部	巴马	27.57	27.57	0	7.57	6.45	-1.11	
Middle-east	大化	25.04	25.41	0.36	2.69	3.78	1.09	
	东兰	27.06	28.16	1.1	4.99	6.54	1.55	
	都安	25.45	25.7	0.25	3.41	3.27	-0.14	
	凤山	31.18	33.84	2.66	12.86	17.25	4.39	
北部	河池	26.27	26.71	0.45	5.52	7.19	1.68	
North	环江	29.70	30.35	0.65	9.56	8.44	-1.12	
	宜州	26.45	26.11	-0.34	5.96	4.85	-1.11	
	罗城	31.88	30.3	-1.58	12.16	10.06	-2.1	
	南丹	28.72	29.56	0.84	10.28	12.34	2.06	
	天峨	32.37	35.13	2.76	14.75	18.31	3.56	
南部	那坡	29.31	30.26	0.95	9.2	9.42	0.22	
South	平果	27.76	29.11	1.35	6.6	7.81	1.21	
	田东	27.82	26.74	-1.08	8.05	6.53	-1.52	
	田阳	26.74	27.94	1.19	6.1	7.68	1.59	
	靖西	25.96	26.51	0.55	4.63	4.83	0.2	
	德保	26.04	26.58	0.54	5.42	6.13	0.71	

据 2005 年开展的石漠化监测调查结果,平果县石山区面积 156486.70 hm²,其中石漠化地 83366.67 hm²,潜在石漠化地 14860 hm²,通过努力,平果县生态环境有了较大改观,全县植树造林和封山育林 45333.33 hm²,其中完成营造任豆树 14666.67 hm²、竹子 7466.667 hm²,封山育林 23793.33 hm² [4]。很大程度说明在这些行政区植被碳密度增加较多,植被覆盖好转较大,人工调控措施发生了一定的作用。研究结果表明研究区域生态环境治理措施效果显著,区域生态环境好转。前期研究结果显示:在20世纪90年代,尤其是在1993—2002年,广西进行了大规模的生态环境移民(约49133户和232705人),区域生态环境好转,地处典型喀斯特区、石漠化显著的平果和东兰,单位面积生态服务功能显著增加[24-25]。

研究区域植被碳密度随平原-丘陵-低山-中山地貌植被碳密度逐渐递增(图 8)。在中山区最高,超过 30 t/hm²,在平原区最低,仅为 25 t/hm²。2005 年到 2010 年,植被碳密度在各地貌类型区的变化,除了平原区有轻微下降外,其它各个地貌类型区均有不同程度的增加。研究区域植被碳密度随坡位分布与随地貌分布的趋势相似,也是高海拔的脊、上、中坡位植被碳密度高,而下坡、谷和平地的植被碳密度低(图 8)。这是低的部位(坡脚)人口密度大,扰动多。从 2005 年到 2010 年其植被碳密度的变化,是脊部和平地区有轻微下降,其它坡位区均呈不同程度的上升。这种空间分布及其变化趋势,应该与区域的地表覆盖状况相关,区域属于典型的典型喀斯特区域,建设用地与人类活动主要在峰丛洼地、低海拔平原区,而自然生态系统以及植被覆盖较好的区域在人类活动干扰较少的高海拔区。





地貌类型 Physiognomy types

坡位 Slope position

图 8 研究区域不同地形条件下的植被碳密度
Fig. 8 Vegetation carbon density of different terrain condition in the study area

4 小结

本文以林业清查资料为主要数据源,结合基础数据和统计数据,采用生物量转换因子法,运用 3S 技术估算并分析了桂西北(河池和百色市,共23 个县市)植被碳的空间分布及其变化。结果表明:

- (1) 研究区域从 2005 年到 2010 年呈现碳汇变化趋势, 植被碳密度从 29.04t/hm² 增加到 29.57 t/hm², 植被碳储量由 4.19×10 4 t 增加到 4.27×10 4 t, 增幅为 1.84%。区域植被碳密度低于全国植被碳密度, 与江西省森林植被碳密度值较为接近。
- (2) 从治理措施、林种起源方式及林种类型来看,自然保护区的植被碳密度最大,超过40 t/hm²。从2005年到2010年,人工植苗、直播、飞播和萌生方式植被碳密度增加,退耕还林工程的植被碳密度增加3.00 t/hm²,所有林种碳密度呈不同程度增长,无论是非喀斯特区还是喀斯特区的植被碳密度都处于增长的变化趋势。结果表明,随着国家西部大开发战略的实施,退耕还林措施效果明显。
- (3) 植被碳密度空间分布上,大致表现为西部高、中东部低,北部高、南部低。不少西部区的植被碳密度超过 40 t/hm²,大部分中东部区植被碳密度低于 25 t/hm²。随平原-丘陵-低山-高山地貌植被碳密度逐渐递增,高海拔的脊、上、中坡位植被碳密度高。从 2005 年到 2010 年植被碳密度变化在空间分布上表现为绝大部分区域增加,在 23 个行政区中有 16 个行政区的植被碳密度维持在原有分级水平,有 7 个行政区有不同程度的升级。植被碳密度的空间分布趋势,与植被净第一性生产力和植被覆盖度的空间分布相近。植被碳密度变

化在空间上的分布,说明研究区域植被碳密度增加,区域生态环境治理措施效果显著,区域生态环境好转。这与近年来研究区进行石漠化治理有很大的关系。近年来,河池市以封山植树和保护为主要手段,较好地推进石漠化治理和和生态保护工程建设。2005年河池市有石漠化土地和潜在石漠化土地面积1576867 hm²,2008年开始,在都安、大化、凤山、环江四县实施石漠化综合治理工程,平均每县实施9000hm²综合治理试点任务。以石漠化治理试点县之一都安县为例,2005年石漠化总面积为1896409.70hm²,而在2009年,石漠化土地面积递减为333356.90hm²,并具有退耕还林工程面积5954.70hm²①。

本文没有考虑土壤碳库,因此没有估计整个森林生态系统的固碳能力,尚需进一步研究。生物量估算参照生物量转换因子法,其不确定性也需要进一步研究。

致谢:感谢中国科学院亚热带农业生态研究所谢永宏研究员对写作的帮助。

References:

- [1] Dixon R K, Solomon A M, Brown S, Houghton R A, Trexier M C, Wisniewski J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science, 1994, 263(5144):185-190.
- [2] Cao J H, Yuan D X, Pei J G. Karst ecosystem constrained by geological conditions in southwest China. Beijing: Geological Publishing House, 2005.
- [3] Yuan D X. On the environmental and geologic problems of karst mountains and rocks in the south-west China. World Sci-tech R & D, 1997, 19 (5):93-97.
- [4] Ten-year Anniversary of Western Region Development: Control of Karst Rocky Desertification for Poverty Relief in Guangxi. Xinhua News Agency, 2010-1-16. http://www.gov.cn/jrzg/2010-01/16/content_1512432.htm.
- [5] Liu C Q, Jiang Y K, Tao F X, Lang Y C, Li S L. Chemical weathering of carbonate rocks by sulfuric acid and the carbon cycling in Southwest China. Geochimica, 2008, 37(4):404-410.
- [6] Wei Y W, Su Y R, Chen X B, He X Y, Qin W G, Wei G F. Effects of human disturbance on soil aggregates content and their organic C stability in Karst regions. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(4): 971-978.
- [7] Zhang W, Chen H S, Wang K L, Hou Y, Zhang J G. Spatial variability of soil organic carbon and available phosphorus in a typical Karst depression, northwest of Guangxi. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(12):5168-5175.
- [8] Wang S J, Lu H M, Zhou Y C, Xie L P, Xiao D A. Spatial variability of soil organic carbon and representative soil sampling method in maolan karst virgin forest. Acta Pedologica Sinica, 2007, 44(3):475-483.
- [9] Jiao Y, Hu H Q. Carbon storage and its dynamics of forest vegetations in Heilongjiang province. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16 (12): 2248-2252.
- [10] Wang X K, Feng Z W, Ouyang Z Y. Vegetation carbon storage and density of forest ecosystems in China. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(1): 13-16.
- [11] Wang B, Wei W J. Carbon storage and density of forests in Jiangxi province. Jiangxi Science, 2007, 25(6): 681-687.
- [12] Fang J Y, Chen A P, Zhao S Q, Ci L J. Estimating biomass carbon of China forests: supplementary notes on report published in science (291: 2320—2322) by Fang et al. (2001). Acta Phytoecologica Sinica, 2002, 26 (2):243-249.
- [13] Ye, J S, She G H. Forest carbon dynamics in Guangdong province. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition), 2010, 34 (4);7-12.
- [14] Li M H, Yu M J, Chen Q C, Chang J, Pan X D. Dynamics of carbon in the evergreen broadleaved forest dominated by cyclobalanopsis glauca in south-east China. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(6): 645-651.
- [15] Fang Y T, Mo J M. Study on carbon distribution and storage of a pine forest ecosystem in Dinghushan Biosphere Reserve. Guihaia, 2002, 22 (4): 305-310.
- [16] Mo J M, Fang Y T, Peng S L, Brown S, Zhou G Y. Carbon accumulation and allocation of lower subtropical evergreen broad-leaved forests in a MAB reserve of China. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(10):1970-1976.
- [17] Fang J Y, Liu G H, Xu H L. Biomass and net production of forest vegetation in China. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(5):497-508.

① 都安瑶族自治县森林资源规划设计调查报告(2009). 广西壮族自治区林业勘测设计院, 2010.12

- [18] Wang Y X. Carbon stock of main forest types in Fujian province and carbon sequestration of Cunninghamis Lanceolata Plantation, Fujian:
 Agrictdure and Forsetry Uinevrsity, 2004.
- [19] Cao J, Zhang Y L, Liu Y H. Changes in forest biomass carbon storage in Hainan Island over the last 20 years. Geo Grahpical Research, 2002, 21, (5): 551-560.
- [20] Jiao X M, Xiang W H, Tian D L. Carbon storage of forest vegetation and its geographical distribution in Hunan province. Journal of Central South Forestry University, ,2005, 25(1): 4-8.
- [21] Huang C D, Zhang J, Yang W Q, Tang X, Zhao A J. Dynamics on forest carbon stock in Sichuan province and Chongqing city. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(3): 966-975.
- [22] 11th Five-Year Plan of forestry in Guangxi. Guangxi forestry information, 2006-07-06. http://www.gxly.cn/gxly/news/wenzhanglist.asp? id = 2408
- [23] Rocky desertification was primarily controlled in Guangxi, China. Hechi Daily, 2011- 09- 14. http://news. hcwang. cn/news/2011914/news008091508.html.
- [24] Zhang MY, Wang KL, Chen HS, Zhang CH, Lui HY, Yue YM, Fan FD. Quantified evaluation and analysis of ecosystem services in Karst areas based on remote sensing. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11): 5891-5901.
- [25] Zhang M Y, Zhang C H, Wang K L, Yue Y M, Qi X K, Fan F D. Spatiotemporal variation of karst ecosystem service values and its correlation with environmental factors in northwest Guangxi, China. Environmental Management, 2011, 48(5): 933-944.
- [26] Yang C M. A discussion on the remote sensing analysis of karst stone desertization in Guangxi. Remote Sensing for Land & Resources, 2003, 56 (2):34-36,63.

参考文献:

- [2] 曹建华, 袁道先, 裴建国. 受地质条件制约的中国西南岩溶生态系统. 北京: 地质出版社, 2005.
- [3] 袁道先. 我国西南岩溶石山的环境地质问题. 大自然探索,1996,15(4):21-23.
- [4] 西部大开发十周年:广西石漠化治理拓开扶贫路. 新华社, 2010.1.16. http://www.gov.cn/jrzg/2010-01/16/content_1512432.htm
- [5] 刘丛强, 蒋颖魁, 陶发祥, 郎赟超, 李思亮. 西南喀斯特流域碳酸盐岩的硫酸侵蚀与碳循环. 地球化学, 2008, 37(4):404-410.
- [6] 魏亚伟, 苏以荣, 陈香碧, 何寻阳, 覃文更, 韦国富. 人为干扰对喀斯特土壤团聚体及其有机碳稳定性的影响. 应用生态学报, 2011, 22 (4): 971 978.
- [7] 张伟,陈洪松,王克林,侯娅,张继光. 桂西北喀斯特洼地土壤有机碳和速效磷的空间变异. 生态学报,2007,27(12):5168-5175.
- [8] 王世杰,卢红梅,周运超,谢丽萍,肖德安. 茂兰喀斯特原始森林土壤有机碳的空间变异性与代表性土样采集方法. 土壤学报,2007,44 (3):475-483.
- [9] 焦燕,胡海清. 黑龙江省森林植被碳储量及其动态变化. 应用生态学报,2005,16(12);2248-2252.
- [10] 王效科, 冯宗炜, 欧阳志云. 中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究. 应用生态学报, 2001, 12(1): 13-16.
- [11] 王兵, 魏文俊. 江西省森林碳储量与碳密度研究. 江西科学, 2007, 25(6): 681-687.
- [12] 方精云, 陈安平, 赵淑清, 慈龙骏. 中国森林生物量的估算:对 Fang 等 Science —文(Science,2001,291:2320-2322)的若干说明. 植物生态学报, 2002, 26 (2):243-249.
- [13] 叶金盛, 佘光辉. 广东省森林植被碳储量动态研究. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(4):7-12.
- [14] 李铭红,于明坚,陈启常,常杰,潘晓东. 青冈常绿阔叶林的碳素动态. 生态学报, 1996, 16(6): 645-651.
- [15] 方运霆, 莫江明. 鼎湖山马尾松林生态系统碳素分配和贮量的研究. 广西植物, 2002, 22 (4): 305-310.
- [16] 莫江明,方运霆, 彭少麟, Brown Sandra, 周国逸. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林碳素积累和分配特征. 生态学报, 2003, 23(10): 1970-1976.
- [17] 方精云,刘国华,徐蒿龄. 我国森林植被的生物量和净生产量. 生态学报,1996,16(5):497-508.
- [18] 王义祥. 福建省主要森林类型碳库与杉木林碳吸收. 福州: 福建农林大学, 2004.
- [19] 曹军, 张镱锂, 刘燕华. 近 20 年海南岛森林生态系统碳储量变化. 地理研究, 2002, 21(5):551-560.
- [20] 焦秀梅, 项文化, 田大伦. 湖南省森林植被的碳贮量及其地理分布规律. 中南林业科技大学学报(自然科学版), 2005, 25(1):4-8.
- [21] 黄从德, 张健, 杨万勤, 唐宵, 赵安玖. 四川省及重庆地区森林植被碳储量动态. 生态学报, 2008, 28(3):0966-0975.
- [22] "十一五"广西林业规划. 广西林业新闻资讯. 2006-07-06. http://www.gxly.cn/gxly/news/wenzhanglist.asp? id=2408.
- [23] 河池市石漠化治理初见成效. 河池日报, 2011-09-14. http://news.hcwang.cn/news/2011914/news008091508.html.
- [24] 张明阳,王克林,陈洪松,章春华,刘会玉,岳跃民,凡非得. 喀斯特生态系统服务功能遥感定量评估与分析. 生态学报,2009,29 (11):5891-5901.
- [26] 杨传明. 广西岩溶石漠化变化规律及强弱程度遥感分析. 国土资源遥感. 2003, 56(2):34-36,63.

Variability of soil organic matter and its main factors in Jiangsu Province
Spatial distribution and change of vegetation carbon in Northwest Guangxi, China on the basis of vegetation inventory data
Resource and Industrial Ecology
Urban metabolism process based on emergy synthesis: a case study of Beijing
LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin (5078)
Evaluation on cultivated land ecological security based on the PSR model and matter element analysis
ZHANG Rui, ZHENG Huawei, LIU Youzhao (5090)
The effect of super absorbent polymer on the growth and nutrition absorption of Festuca arundinacea L. on an improved gangue
matrix ······ ZHAO Zhifeng, WANG Dongmei, ZHAO Tingning (5101)
Urban, Rural and Social Ecology
The effect of distance on the ecological conservation value: a case study of Sanjiang Plain Wetland
Research Notes
Scaling effect on spatial variation of soil organic carbon in mountainous areas of Guangdong Province
The changes of hair length and pelage thermal insulation in captive female squirrel, Sciurus vulgarize manchuricus, during
autumn molting period

《生态学报》2013年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学 高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持"百花齐放,百家 争鸣"的方针,依靠和团结广大生态学科研工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台, 促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科研人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢 迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和 学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大16开本,300页,国内定价90元/册,全年定价2160元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书 馆等订阅。

通讯地址: 100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话: (010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@ rcees. ac. cn ХХ 址: www. ecologica. cn

> 编辑部主任 孔红梅 本期责任副主编 王克林 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO) (半月刊 1981年3月创刊) 第16期 (2013年8月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981) Vol. 33 No. 16 (August 2013)

	矛	33 卷 第 16 期 (2013 年 8 月)			Vol. 33 No. 16 (August, 2013)
编	辑	《生态学报》编辑部	Edited 1	by	Editorial board of
		地址:北京海淀区双清路 18 号			ACTA ECOLOGICA SINICA
		邮政编码:100085			Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
		电话:(010)62941099			Tel:(010)62941099
		www. ecologica. cn			www. ecologica. cn
	/-	shengtaixuebao@ rcees. ac. cn			shengtaixuebao@ rcees. ac. cn
主 主 主	编	王如松	Editor-in-chie	ef	WANG Rusong
土	管 办	中国科学技术协会 中国生态学学会	Supervised 1	by	China Association for Science and Technology
土	93,	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Ecological Society of China
		地址:北京海淀区双清路 18 号			Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
		邮政编码:100085			Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出	版	科学业版社	Published	by	Science Press
_		地址:北京东黄城根北街16号			Add:16 Donghuangchenggen North Street,
		邮政编码:100717			Beijing 100717, China
印	刷	北京北林印刷厂	Printed 1	by	Beijing Bei Lin Printing House,
发	行	斜学出版社			Beijing 100083, China
		地址:东黄城根北街16号	Distributed	by	Science Press M -
		邮政编码:100717			Add.16 Donghuangchenggen North
		电话:(010)64034563			Street, Beijing 100717, China
١	m 4	E-mail:journal@cspg. net			Tel:(010)64034563
订图外的	购	全国各地邮局			E-mail:journal@cspg. net
国外发	又1丁	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱	Domestic		All Local Post Offices in China
		邮政编码:100044	Foreign		China International Book Trading
广生组	2 告	MP-2-3 F J : 1000 TT			Corporation

ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

广告经营

许可证

国内外公开发行

京海工商广字第8013号

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

定价 90.00 元