

# 西南岩溶地区植被喀斯特效应

姚长宏

蒋忠诚 袁道先

(中国地质大学研究生院,武汉)(中国地质科学院岩溶地质研究所,桂林)

**摘 要** 西南岩溶地区是我国主要岩溶带之一,也是世界岩溶研究重点地区。区内因人口众多,植被破坏严重,部分地区因人为作用已经产生一系列的环境问题。本文从岩溶地区植被演替规律出发,针对不同植被生态条件,通过对比不同表层岩溶泉的水化学特征和表层土壤空气  $\text{CO}_2(\text{g})$  表示  $\text{CO}_2$  以气相形式存在)的含量,分析了植被在岩溶区,特别在表层岩溶带的喀斯特效应。由此,一方面可以推动岩溶研究的进一步发展;另一方面可以提高人们的岩溶环境保护意识,从而为西南地区生态恢复提供基础资料。

**关键词** 西南岩溶地区 植被演替 表层岩溶泉 土壤  $\text{CO}_2(\text{g})$

## 1 前言

中国大陆的岩溶,总面积达  $344.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,主要分布在云南、贵州、四川、湖南、湖北和广东一带,以及北方的山西、山东、河南、河北一带(袁道先等,1988)。前者以贵州高原为中心连带成片,形成西南岩溶区,区域面积达  $115 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,其中岩溶面积有  $70 \times 10^4 \text{ km}^2$ ;地理坐标为:东经  $102^\circ \sim 114^\circ$ ,北纬  $22^\circ \sim 32^\circ$ ,属低纬度的热带-亚热带气候,其接受的太阳辐射能量较高,降水充沛,水热条件比较匹配,有益于其植被生长,但同时也因降水量大易产生水土流失,造成石漠化,降低表层岩溶带的调蓄功能,增加环境的脆弱性,并且还会引起一系列的环境问题,如:植被逆向演替、泉水枯竭、旱涝频繁、泥石流、滑坡等。

西南岩溶地区,在自然因素和人为作用的影响下,植被类型较为丰富,主要有:次生裸地(石山)、草丛(草甸)、灌草丛及灌丛、乔木林等。本文通过对西南岩溶区不同植被覆盖下表层岩溶泉的水化学特征及土壤的  $\text{CO}_2(\text{g})$  的含量变化进行对比分析,掌握植被在岩溶区,特别在表层岩溶带的喀斯特效应,从而增强人们对岩溶区植被的保护意识。

## 2 研究区概况

西南岩溶地区可溶岩主要为三叠系以前古老的碳酸盐岩,包括:震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系。总厚度约为  $3\,000 \sim$

$10\,000 \text{ m}$ 。从出露情况看,以裸露型分布最广,面积达  $50 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,其次是埋藏型,主要分布在四川盆地,覆盖型分布较少(袁道先等,1996)。

地处于热带、亚热带的西南岩溶区,高温多雨、水热匹配,岩溶作用强烈,地表岩溶发育,溶痕、溶沟、溶隙、溶孔、溶洞纵横交错,构成厚数米至数十米的表层岩溶带并发育有显著意义的表层带岩溶泉(蒋忠诚等,1999)。雨量充沛的西南岩溶区,因人为和自然因素森林覆盖率低,仅  $10\%$  左右。大部分地区岩石裸露,土壤贫薄,岩溶干旱,形成特殊的石漠化过程,不利于植被演替,生态效率很低,成为非常脆弱的环境。

为了研究岩溶地区植被的喀斯特作用,本文选择了不同植被条件下表层带岩溶泉的水化学性质以及土壤空气  $\text{CO}_2$  进行对比;具体采用了以下几个不同植被覆盖层次的研究点(如图1所示):

- (1) 贵州茂兰原始岩溶森林区。
- (2) 广西马山兰电堂乔木林区。
- (3) 桂林丫吉村实验场草木灌丛区。
- (4) 贵州六盘水梅花山稀草丛区。

## 3 岩溶地区植被演替的基本规律

植被的形式与发展主要受气候因素控制,但同时也受土壤的制约,只有二者综合的环境才能形成一定的植被类型。岩溶地区因其富  $\text{Ca}$  的岩、水、气循环系统,以及“土在楼上,水在楼下”的双层结构;造成其土壤贫瘠,保水能力差,植被生长环境相对干

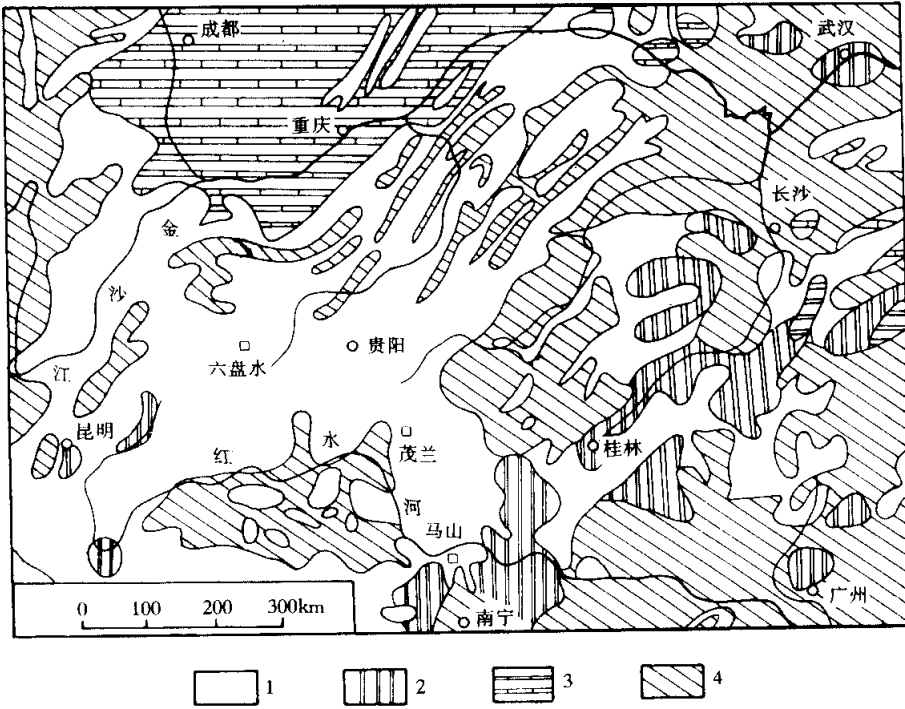


图 1 西南岩溶类型及分布

Fig. 1 Distribution of the different karst type in Southwest China

1-裸露型岩溶 2-覆盖型岩溶 3-埋藏型岩溶 4-非可溶岩

旱,并富含钙质。因此,岩溶地区发育的植被主要为喜钙、耐旱、石生的物种及种群,并且每一种植被类型都是长期历史发展的结果。目前,西南岩溶区主要植被覆盖类型有:次生裸地(石山)、草丛(草甸)、灌草丛及灌丛、乔木林等。每一种植被覆盖类型在人为因素作用和自然因素的影响下都会发生演替,都有继续顺向和逆向发展的趋势。

根据在部分碳酸盐岩地段保存较好的常绿阔叶林可知,水-热匹配较好的西南岩溶地区原生植被应为常绿阔叶林,其它植被类型均为常绿阔叶林演替过程中的次生林;其演替过程如图 2(班继德等, 1995)。

在采伐迹地、火烧地或弃耕地等植被完全破坏的次生裸地,水土流失严重,裸露的岩石表面(石山)只有少量的植被分布于岩石裂隙中,或发育有地衣植被、苔藓植被等低级植被群落,在该植被类型条件下,土壤贫瘠,地表蒸发量大,保水、保肥能力差。

在次生裸地上,首先出现的是草本群落,如一些阳性耐旱的禾草类草甸:白茅、蕨类、艾蒿、野菊等,如六盘水梅花山等。随着草本植物的增加,生境不

断改善,土壤增厚,地表蒸发减少,土壤细菌、真菌、小动物活动增强。由于生长环境改善,一些灌木侵入,出现灌丛以及灌草丛,如桂林丫吉村试验场的黄荆-木棘灌丛等;该群落下生境较前一种更为改善,土壤中腐殖质增加,保水、保肥能力增强,植被根系较为发育,固土能力有所提高。

此时,如果条件成熟,一些喜钙的阳性针叶树种、常绿阔叶树种、落叶阔叶树种逐渐侵入,常形成稀疏林。有些地方竹林成片生长,如广西马山弄拉兰电堂的乔木林区;这些植被群落的生长环境较灌丛或灌草丛更为完善,生态系统更为稳定,抗干扰能力大幅度的提高。在土壤较厚,水-热条件优越的区域,多树种混生而形成针-阔叶混交林、常绿-落叶混交林或针-竹-阔叶混交林,最后逐渐演替为顶级群落-常绿阔叶林,如贵州茂兰原始岩溶森林区。

在岩溶地区,人类可以采用各种保护措施,使植被由次生裸地(石山)→草丛(草甸)→灌丛(灌草丛)→稀疏林→森林等次序顺向演替;但在自然因素或人为因素的破坏下,每一种植被类型都有可能遭受破坏,发生逆向演替。如图 2 虚线箭头所示。

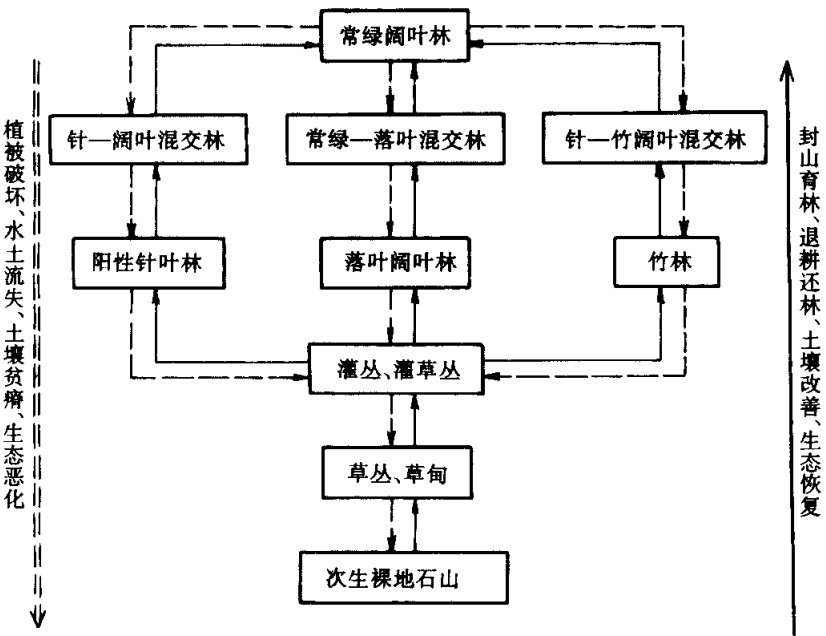


图 2 西南岩溶地区植被演替及其生态变化

Fig. 2 Plan succession and its condition change in Southwest China

#### 4 不同植被类型的喀斯特效应

一般而言,岩溶区植被可以通过其本身或媒介(地下水、土壤和大气)对研究区产生喀斯特作用,主要表现在:

(1) 植被的生长过程分泌的大量有机酸和排泄物,植物的呼吸作用放出的  $\text{CO}_2$  以及植被枯死分解而产生的大量腐殖酸将参与岩溶系统中的酸、水、钙循环,从而间接地影响了喀斯特作用过程。

(2) 植被的根劈和钻孔作用,既可直接破坏岩石,也将促进了岩石表面的喀斯特作用。但由于受研究方法和理论的限制,直接观测和分析植被的喀斯特作用有较大的难度。故在此从对比分析不同植被条件下表层岩溶泉水化学特征和土壤空气中  $\text{CO}_2$  含量的动态变化入手,反向讨论植被的喀斯特效应。

##### 4.1 表层岩溶泉水的水化学特征

由于植被的喀斯特效应,单泉的水化学特征的动态变化主要表现在时间上,包括昼夜变化和季节变化。

昼夜之间,因光照、气温和湿度在不断发生变化,植被的活动强度也将产生相应的变化。一般来说,在白天,植被光合作用占优势,生物化学反应较为强烈,由此将导致泉水 pH 值、电导率大幅度上升,而夜晚植被则以呼吸作用为主,虽然生物化学反

应没有光合作用强烈,但仍然可以导致 pH 值、电导率逐渐回升。由于表层带的滞后作用,泉水 pH 值、电导率在 17 时出现峰值,此峰值与光合作用有密切关系,而在 7 时出现的小峰值可能与植被的呼吸作用有关。如图 3 所示。

同理,季节之间,由于植被生长的水热条件发生改变,其活动强度也相应发生变化,这会对岩溶泉水化学成分产生深刻的影响。以 1998 年上半年广西弄拉兰表层岩溶泉为例(图 4)。由图可见,夏季植被生物活动(光合作用和呼吸作用)较春季活跃,其喀斯特效应十分明显,表层岩溶泉  $[\text{H}^+]$   $[\text{HCO}_3^-]$  产流量都大于春冬二季。

综上所述,在某种程度上,植被间接地控制着表层岩溶泉水的水化学特征;与此同时,表层岩溶泉水的水化学特征也反映了植被的喀斯特效应。

##### 4.2 表层带土壤 $\text{CO}_2$ (g) 含量

植被发育好的地带,较强的生化作用及微生物作用将在土壤层释放大量的  $\text{CO}_2$ 。根据对比观测可见(表 1、图 5):

(1) 不同深度土壤空气  $\text{CO}_2$  含量不同,一般都是 50 cm 处的含量高于 20 cm 处的含量,并且在夏季二者差值更为显著,如图 5 所示。

(2) 土壤湿度对土壤  $\text{CO}_2$  影响较大,根据蒋忠诚在 1998 年 12 月的观测数据,广西马山弄拉兰电

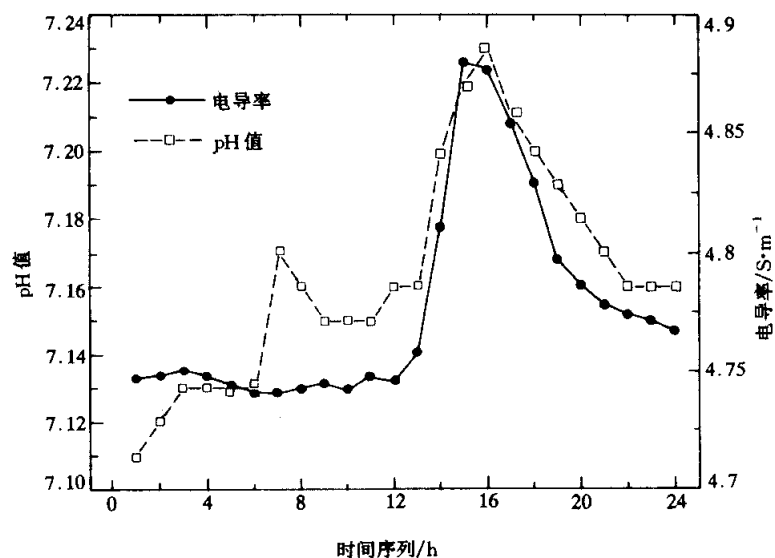


图 3 表层岩溶泉水化学昼夜变化

Fig.3 Hydrochemical change of epikarst spring round the clock  
(2000 年 7 月 27 日广西马山弄拉兰电堂)

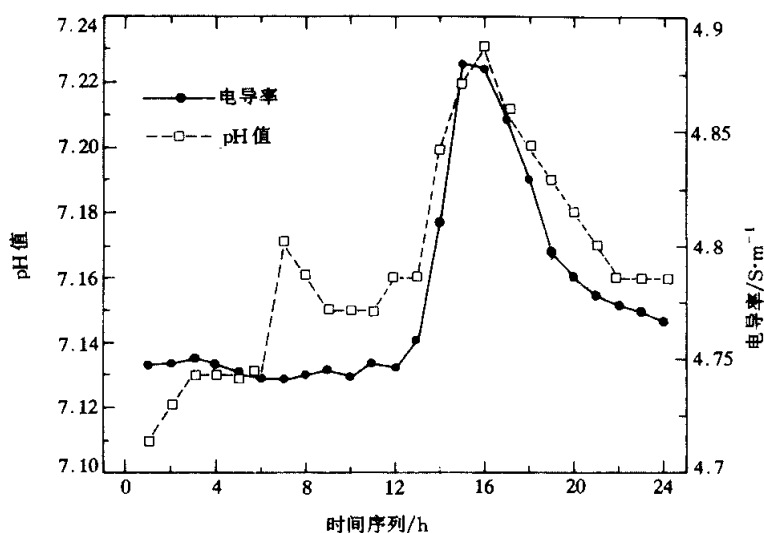


图 4 表层岩溶泉水化学一年中随季节变化

Fig.4 Hydrochemical change of epikarst spring in a year  
(1998 年广西马山弄拉兰电堂)

堂泉水附近森林中,同一地点,潮湿环境的 50 cm 深土壤  $\text{CO}_2$  质量浓度是  $20\,000 \times 10^{-6}$ ,较干环境则只有  $9\,000 \times 10^{-6}$ ,二者相差 2 倍多,非常干燥的山顶仅为  $1\,000 \times 10^{-6}$  左右。

(3) 季节之间,因植被活跃程度存在差异,土壤空气  $\text{CO}_2$  浓度也有不同,由图 5 可见,20 cm 和 50 cm 深土壤空气  $\text{CO}_2$  在夏季的值都高于春冬两季。

(4) 由表 1 可见,20 cm 和 50 cm 深土壤空气  
万方数据

$\text{CO}_2$  含量随植被发育程度成正比例关系,植被覆盖率高的贵州茂兰原始森林土壤层  $\text{CO}_2$  质量浓度为最高,而贵州六盘水梅花山草丛区最低。

## 5 结论

(1) 西南岩溶地区,因其植被覆盖不同,表层土壤空气  $\text{CO}_2$  质量浓度也明显不同。不同的  $\text{CO}_2$  浓度将产生不同的化学势,因此,也使土壤溶液具有不

表 1 西南岩溶区土壤空气 CO<sub>2</sub> 对比

Table 1 Contrasting the CO<sub>2</sub> density change of edaphic atmosphere in Southwest Karst Area

| 地点   |     | 贵州六盘水 <sup>1)</sup> | 广西桂林 <sup>2)</sup> | 广西马山 <sup>3)</sup> | 贵州茂兰 <sup>4)</sup> |
|--|-----|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 植被覆盖类型   |     | 草丛                  | 草木灌丛               | 乔木林                | 原生森林               |
| 岩石   |     | 石灰岩                 | 石灰岩                | 白云岩                | 石灰岩                |
| 多年平均降雨量/mm                                     |     | 1 363               | 1 937              | 1 650              | 1 320              |
| 夏季平均气温/℃                                       |     | 29                  | 28                 | 23                 | 19                 |
| 20 cm 深 CO <sub>2</sub> ( × 10 <sup>-6</sup> ) | 最大值 | —                   | 18 000             | 17 000             | 55 000             |
|  | 最小值 | —                   | 1 250              | 8 000              | 7 500              |
|  | 平均值 | 2 000               | 7 480              | 9 500              | 23 455             |
| 50 cm 深 CO <sub>2</sub> ( × 10 <sup>-6</sup> ) | 最大值 | —                   | 27 000             | 32 000             | 56 000             |
|  | 最小值 | —                   | 2 750              | 8 000              | 6 000              |
|  | 平均值 | 5 000               | 11 480             | 19 800             | 29 250             |

1) - 1999 年贵州六盘水梅花山土壤层观测数据 2) - 来源于广西桂林丫吉村试验场土壤层观测数据 3) - 1998 年广西马山弄拉兰电堂土壤层观测数据 4) - 1998 年贵州茂兰垭口土壤层观测数据。

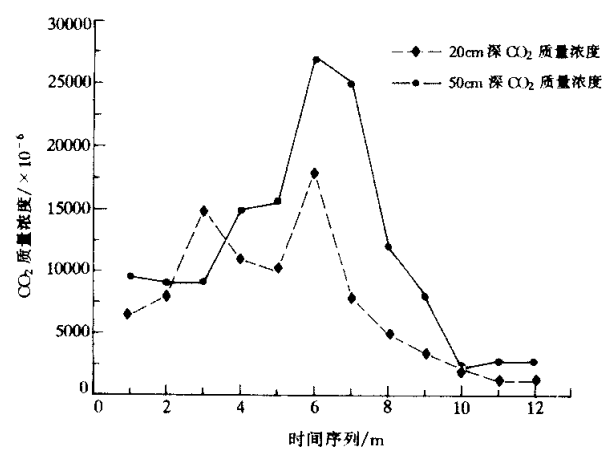


图 5 土壤空气 CO<sub>2</sub> 季节变化

Fig.5 CO<sub>2</sub> density change of edaphic atmosphere in a year  
(1998 年广西桂林丫吉村试验场)

同的溶蚀能力。由上文可知,植被覆盖较好的茂兰、马山,土壤空气 CO<sub>2</sub> 质量浓度高,土壤溶液对下层碳酸盐岩的溶蚀能力也相应较高(万国江,1995)。

(2) 因为不同植被覆盖条件的土壤具有不同的保水作用。一般而言,植被覆盖较高的地区,因其根系及枯枝落叶层的作用,土壤的保水、保肥能力较强。因而,土壤溶液将较长时间地与土壤矿物质发生物理和化学反应,反应进行得比较完全。如以灌丛覆盖为主的桂林丫吉村表生带岩溶泉中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量平均为 5.56 mmol/L;而以草丛覆盖为主的贵州六盘水梅花山岩溶泉 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量仅为 3.25 mmol/L。

(3) 众多文献(周昌涵,1998;喻理飞,1997)提到,植被具有提高水土保持,减弱水土流失的能力。这对环境脆弱的岩溶地区而言是十分重要的,一方

面,可以保持仅存的贫瘠的土壤层,保证植被必须的养分和水分来源;另一方面,可以提高土壤溶液的溶蚀能力。加强岩溶区的成土作用。

(4) 由上文可知,植被在岩溶地区提高水土保持能力,加强了岩溶作用,提高了成土速度。这一切将对岩溶区,特别是石山、半石山的生态恢复具有十分重要的意义。故应禁止在岩溶半石山、岩溶石山地区毁林开荒、烧山开荒、过度放牧和砍柴为薪等行为;在条件许可时,可以适当采用人工土技术协助退耕还林、退牧还林等手段恢复植被,并保证其顺向演替,从而促进岩溶区的生态恢复。

参 考 文 献

班继德,漆根深等.1995.鄂西植被研究.武汉:华中理工大学出版社,200~235.

蒋忠诚,袁道先.1999.表层岩溶带的岩溶动力学特征及其环境和资源意义.地球学报,20(2):302~308.

王福星,曹建华等.1993.生物岩溶.北京:地质出版社.

万国江.1995.碳酸盐岩与环境.北京:地震出版社,19~32.

袁道先,蔡桂鸿等.1988.岩溶环境学.重庆:重庆出版社.

袁道先,李彬等.1996.中国岩溶.岩溶与人类生存、环境、资源和灾害.桂林:广西师范大学出版社,1~11.

喻理飞.1997.乌江流域喀斯特地区植被-土壤系统水文生态功能研究.朱守谦编.喀斯特森林生态研究.贵阳:贵州科技出版社,148~159.

周昌涵.1998.我国南方典型水土流失的防治对策.武汉:华中理工大学出版社,56~57.

## Vegetation Karst Effects on the Karst Area of Southwest China

Yao Changhong

( China University of Geosciences , Wuhan ,Hubei )

Jiang Zhongcheng Yuan Daoxian

( Institute of Karst Geology ,CAGS ,Guilin ,Guangxi )

**Abstract** Southwest karst area is one of the main karst zones in China and also the research focus in the world. Large population and heavy environmental pressure have seriously destroyed the vegetation in the research region and even brought about a series of environmental problems due to human activities in some areas. In this paper , based on the vegetation succession principle in the karst area , the authors studied the different vegetation habitats and analyzed the karst effect of vegetation in the karst area , especially in the epikarst area , by comparing the hydrochemical characteristics in diverse epikarst springs and the content of  $\text{CO}_2$  in surficial layer soil. Here are some conclusions drawn from the study :

( 1 ) In the Southwest karst area , different vegetation coverages result in different contents of  $\text{CO}_2$  in surficial soil and different chemical powers. Thus the dissolubilities are different. The higher the vegetation coverage , the higher the carbon dioxide content and the stronger the dissolubility of soil solution to carbonate rock.

( 2 ) Soils of different vegetation coverages have different water retention capacities. In general , in areas with higher vegetation coverage the water retention and fertilizer – holding capacity is stronger due to the effect of root system and litter layer. As a result , physicochemical reaction occurs between soil solutions more completely for a longer time. For example , the average content of  $\text{HCO}_3^-$  in the epikarst spring in Yajicun ( Guilin ) covered mainly with bush is 5.56 mmol/L , whereas the average content of  $\text{HCO}_3^-$  in epikarst spring in Meihuashan ( Liupanshui ) covered mainly with grass is only 3.25 mmol/L.

( 3 ) As presented in many references , vegetation can improve water and soil retention , which is important to the karst area with a fragile environment. On the one hand , barely poor soil can be kept to provide vegetation with necessary nutrient and water resource. On the other hand , improving dissolubility can enhance soil formation in the karst area.

( 4 ) From what is discussed above we know the effect of vegetation plays an important role in ecological recovery of the karst area , especially of bare or semi – bare karst areas. Therefore , we should forbid deforesting , mountain firing and overgrazing. If conditions are ripe , we should resort to a series of means to recover vegetation and ensure its positive succession to improve the ecological recovery in karst areas.

The research into the karst effect of vegetation in karst area shows that the karst study can be promoted. In addition , we can increase the karst environmental protection consciousness in people 's mind and provide basic material for ecological recovery in Southwest area.

**Key words** Southwest karst area vegetation succession principle epikarst spring  $\text{CO}_2$  in surficial layer soil