

重庆中梁山碳酸盐岩溶蚀速率对季节的响应研究

谢芳,傅瓦利,王晓阳,蒲鹏,张蕾,谭波,彭景涛,甄晓君

(西南大学地理科学学院,重庆400715)

摘要:在重庆市中梁山岩溶槽谷,选取林地、园地、耕地和菜地4种不同土地利用类型,通过野外下三叠统嘉陵江组白云质灰岩石试片的溶蚀试验分析不同土地利用方式下溶蚀速率对季节的响应关系。结果表明:不同土地利用方式将造成土壤性质发生不同的变化,进而对岩石的溶蚀速率产生明显的影响。但无论是从夏半年还是从全年来看,试片的溶蚀速率的大小变化均表现为:林地>菜地>耕地>园地。夏半年在全年的试片溶蚀作用过程中贡献较大,其绝对溶蚀量占全年比例都大于50%;除林地、菜地和园地下50cm试片外,其余试片的夏半年溶蚀速率都大于全年溶蚀速率。究其原因,主要是由于夏半年气温高,降水量大,使土壤中CO₂和水分等增加,从而有利于岩溶作用的进行。

关键词:溶蚀速率;溶蚀量;季节响应;碳酸盐岩;重庆中梁山

中图分类号:P512.1+2 **文献标识码:**A

土壤在岩溶作用进程中扮演着极其重要的角色^[1],不同厚度、不同物理化学性状的土壤对其下伏的可溶岩的溶蚀的影响作用也不一样。而不同的土地利用方式及植被覆盖类型对土壤理化性质又将产生一系列的影响,从而影响岩溶作用的方向和强度。前人研究岩溶作用主要从宏观角度进行对比,如不同地质背景、气候与水文条件下岩溶作用强度及其差异^[2,3]。从季节的气温和降水对土壤性质产生影响的角度探索岩溶作用的研究较少。本文以重庆市中梁山为例,分析不同土地利用方式下野外灰岩试片夏半年及全年溶蚀速率对季节的响应及其影响因素,以期对西南岩溶区石漠化治理和生态恢复保护提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于重庆市中梁山岩溶槽谷中(东经106°18'14"~106°56'53",北纬29°39'10"~30°03'53"),海拔400—700m。属于中亚热带季风性湿润气候,具有春早、夏长、秋短、冬迟的特点,年均温度

18℃,多年平均降水量1000mm左右。重庆市中梁山是观音峡背斜的一部分,其地貌特征受地质构造和岩性的强烈控制:坚硬的黄色砂岩形成陡峻的两翼,紫色页岩组成的轴部构成波状起伏的丘陵地形,二者之间的灰岩经岩溶作用形成岩溶槽谷,地貌上表现为“一山两槽三岭”的格局。研究区土壤为嘉陵江组灰岩发育而来的黄色石灰土,土地利用类型主要为:林地、园地、菜地和耕地。

2 研究方法

本试验采用野外溶蚀试片法进行研究^[4]。取当地地层中的下三叠统嘉陵江组白云质灰岩磨制试片,试片统一直径为40mm,厚为3mm。选取林地、园地、菜地和耕地4种典型的土地利用方式,将试片埋放于有代表性的不同部位(土下5cm、土下20cm、土下50cm)。

试验拟对灰岩试片的夏半年和全年溶蚀速率进行对比研究。为此,在每种土地利用方式土壤中埋放两组试片,埋放时间为一个水文年(2007年11月22日—

基金项目:重庆市移民局课题(200909)、重庆市自然科学基金(40701179)

第一作者简介:谢芳(1983—),女,硕士研究生,研究方向为土地利用与土壤环境。E-mail:xf83@swu.edu.cn。

通讯作者:傅瓦利(1954—),女,博士,教授,主要从事土壤地理和土地利用研究。E-mail:fuwali@swu.edu.cn。

收稿日期:2010-07-20

2008年11月23日);同时,在相同地点埋放另一组(夏半年)试片(2008年3月22日—2008年9月25日)。试片取出后,用如下公式计算单位面积溶蚀量:

$$ER = (W_1 - W_2) \times 10^7 / (T \cdot S)$$

式中:ER为日单位面积溶蚀量(mg/(m²·d)),W₁为试片初重(g),W₂为试片溶蚀后重量(g),T为埋放时间(d),S为试片表面积(cm²)。

土壤性质测定方法如下^[5]:土壤容重、孔隙度采用环刀法;pH值采用电位计法;有机碳采用重铬酸钾容量法。

3 结果与分析

3.1 夏半年与全年的试片溶蚀速率

为对研究区夏半年与全年溶蚀速率进行比较,取溶蚀试验一个水文年的两组试片溶蚀速率的平均值作为不同土地利用方式全年试片的溶蚀速率。图1为4种不同土地利用方式夏半年与全年溶蚀速率图。由该图可以看出,不同土地利用方式下夏半年与全年的溶蚀速率差别明显,并且同种土地利用方式下,同一土壤深度的溶蚀速率也有显著差异。

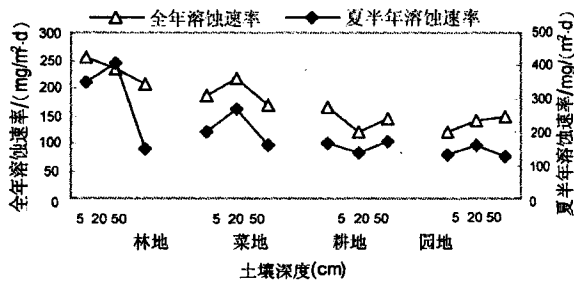


图 1 不同土地利用方式下夏半年与全年的溶蚀速率对比
Fig. 1 Comparison of the dissolution rates in summer and the whole year under different land use types

总体可以看出,夏半年溶蚀速率较高,除林地、菜地和园地土下 50cm 处外,其余都大于全年溶蚀速率。其中以林地土下 20cm 处差值最大,达 175.27 mg/(m²·d);耕地土下 5cm 处差值最小,为 3.36 mg/(m²·d)。

无论是夏半年还是全年,不同土地利用方式下平均溶蚀速率由大到小排列依次为:林地、菜地、耕地、园地。其中林地最大,说明相对于其它利用方式它最有利于岩溶作用的进行。

3.2 夏半年溶蚀量对全年溶蚀量的贡献

不同土地利用方式下试片的夏半年溶蚀速率大于全年溶蚀速率,但夏半年的绝对溶蚀量均小于全年的绝对溶蚀量。不同土地利用方式夏半年绝对溶蚀量占全年绝对溶蚀量的比例大小依次为:林地(64.57%)>耕地(56.55%)>菜地(54.91%)>园地

(52.10%)。

据图 2 显示,从不同土壤剖面夏半年溶蚀量占全年比例来看,除林地、菜地和园地土下 50cm 处小于 50%外,其余都超过 50%。从不同土壤剖面同一深度上比较来看,夏半年溶蚀量占全年的比例为:土下 5cm 处,林地>园地>菜地>耕地,平均为 57.60%;土下 20cm 处,林地>菜地>园地>耕地,平均为 67.0%;土下 50cm 处,耕地>菜地>园地>林地,平均为 46.66%。这表明,季节对试片溶蚀量的影响由表层到 20cm 左右逐渐加强,随着土壤深度的继续增加,这种影响又慢慢减弱。

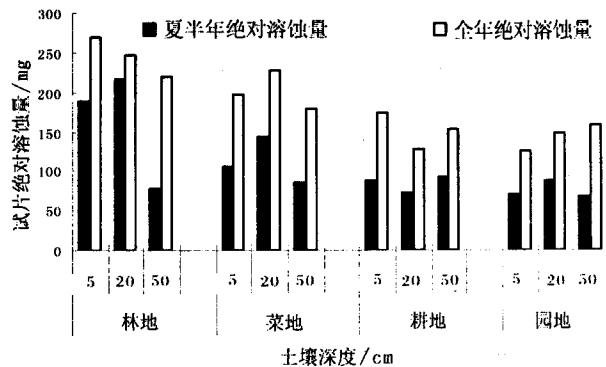


图 2 不同土地利用方式下夏半年绝对溶蚀量与全年绝对溶蚀量比较

Fig. 2 Comparison of the absolute dissolution amounts in summer and the whole year under different land use types

另外,对同一土壤剖面下不同层位进行比较也发现,除耕地因受人为耕作活动影响大,其夏半年所占比例随土壤深度的增加逐渐增大外,林地、菜地、园地夏半年溶蚀量占全年的比例均为 20cm 处最大,其次为土壤表层(图 2)。这主要与表层土壤温度受气温影响较为强烈有关,一般来说 0—20cm 表土层的年均温度高于年均气温值,与同期的气温相比较,心土层和底土层温度在冬半年高于气温,在夏半年低于气温。而且试验期间,夏半年日平均气温 24.9℃,降水量 989.0mm,占全年的 78.8%;冬半年平均气温 11.1℃,降水量 266.4mm,占全年的 21.2%。正是由于夏半年的高气温和充沛的降水量,加强了试片的岩溶作用,使夏半年在全年中溶蚀作用的贡献较大。由此可见,气温、降雨是影响本研究区不同土地利用方式下碳酸盐岩溶蚀过程中重要的因素,而且在土下 20cm 处影响最明显。这也与已有的研究结论“在雨热配套的亚洲季风气候区,一般情况下降雨量越大,年溶蚀量越大”^[4]一致。

3.3 土壤理化性质对溶蚀速率的影响

已有研究表明,土壤内部的岩溶作用与地土壤的理化性质密切相关^[4]。岩溶作用受到土壤中 CO₂ 气体、水分及土壤中 Ca²⁺、HCO₃⁻、H⁺ 浓度的制约^[6]。

土壤水分是化学反应的参与者和溶蚀产物的搬运者,土壤CO₂是水对碳酸盐岩溶蚀作用的动力^[7,8],土壤有机碳是土壤CO₂的主要来源^[8]。土壤性质通过影响土壤的通气、透水、持水和根系穿插能力、微生物活动和物质转化过程,从而影响岩溶作用的进行。土地利用又可使土壤性质产生一系列的变化,影响岩溶作用的方向和强度。研究区不同土地利用方式下全年试验期间所测试的土壤样品基本性质见表1。

表1 不同土地利用方式下土壤性质
Tab. 1 Soil properties under different land use types

| 土地利用 | 土壤剖面 | 土壤深度/cm | 水分/% | 容重/g/cm ³ | 孔隙度/% | 有机碳/g/kg | pH值 |
|------|------|---------|-------|----------------------|-------|----------|------|
| 园地 | A | 0~17 | 23.42 | 1.28 | 51.74 | 10.7 | 5.95 |
| | AB | 17~38 | 24.42 | 1.44 | 45.81 | 4.07 | 5.98 |
| | B | 38~50 | 24.22 | 1.44 | 45.77 | 1.97 | 6.44 |
| 耕地 | A | 0~15 | 26.15 | 1.33 | 49.7 | 10.6 | 6.67 |
| | B | 15~60 | 27.35 | 1.55 | 41.47 | 4.59 | 6.86 |
| 菜地 | A | 0~21 | 25.72 | 1.40 | 47.02 | 10.99 | 4.85 |
| | B | 21~50 | 26.15 | 1.42 | 46.38 | 10.74 | 5.88 |
| 林地 | A | 0~17 | 31.97 | 1.24 | 53.13 | 26.39 | 5.48 |
| | AB | 17~37 | 26.97 | 1.39 | 47.43 | 13.12 | 5.12 |
| | B | 37~50 | 31.75 | 1.48 | 44.01 | 4.806 | 6.03 |

3.3.1 pH值与溶蚀速率

从表1可以看出,同一土壤剖面表层pH值都低于底层,这与土壤表层有机碳含量较高有关。土壤有机碳较多,可以产生较多的CO₂和有机酸^[9],从而降低了pH值。

如图3所示,对比20cm处溶蚀速率与A层pH值、50cm处溶蚀速率与B层pH值可以看出,不同土地利用方式20cm、50cm处的溶蚀速率的变化趋势相

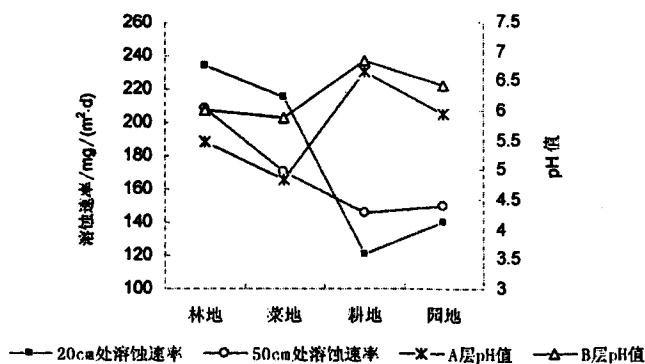


图3 不同土地利用下试片溶蚀速率与土壤pH值
Fig. 3 The dissolution rates and soil pH under different land use types

一致,并且与土壤pH值关系密切。总体上来看,pH值越低,溶蚀速率越大。因为pH值较低,氢离子浓度高,可促进碳酸盐岩不断溶解。林地、菜地pH较低,溶蚀速率高;园地次之,耕地pH最大,溶蚀速率最小。

3.3.2 土壤有机碳与溶蚀速率

土壤有机碳为土壤CO₂的主要来源,土壤CO₂又是岩溶作用中HCO₃⁻的重要来源,因而有机碳含量高会对溶蚀速率有明显的促进作用^[8,10,11]。表1和图4的数据表明,不同土地利用方式对有机碳含量影响明显。除菜地外,土壤表层有机碳含量都较底层高1倍以上,充分体现了土壤有机碳分布的表聚性。菜地底层有机碳含量与表层差别不大,与其人为耕作搅动比较频繁有关。林地植物种类丰富,凋落物量多且分解速度快,有利于土壤有机碳积累,其表层有机碳含量和溶蚀速率均远高于菜地、园地、耕地。

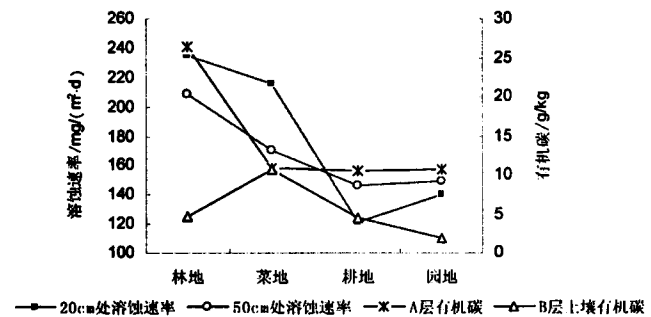


图4 不同土地利用下试片溶蚀速率与土壤有机碳含量
Fig. 4 The dissolution rates and soil organic carbon content under different land use types

3.3.3 土壤含水量、孔隙度与溶蚀速率

土壤水分是岩溶化学反应的必要条件,另外,土壤持水性能与有机质含量^[12]和孔隙状况^[13]有关,即雨水的入渗和水分储存在于孔隙度的大小和有机质含量的多少。图5表明,除耕地外,土壤含水量大溶蚀速率高。

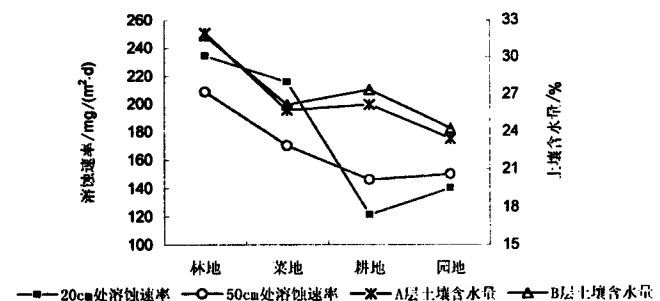


图5 不同土地利用下试片溶蚀速率与土壤含水量
Fig. 5 The dissolution rates and soil moisture under different land use types

土壤孔隙度是影响土壤通气性的主要因素。由图6可以看出,各利用方式下A层的土壤孔隙度都较B层的高。相应地,其溶蚀速率除耕地和园地外也较B层的大。

对于造成耕地含水量、孔隙度与溶蚀速率的上述例外关系的原因目前还不清楚,有待今后继续研究解决。

综合以上分析,土壤的pH值、有机碳含量、水

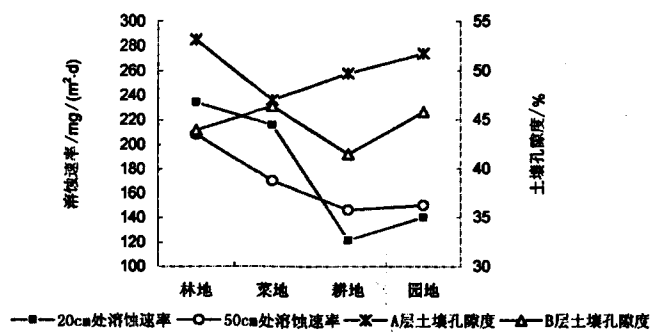


图6 不同土地利用下试片溶蚀速率与土壤孔隙度

Fig. 6 The dissolution rates and soil porosity under different land use types

分、孔隙度对碳酸盐岩的溶蚀速率都有影响作用。并且土壤的有机碳含量影响pH值和孔隙度,孔隙度影响水分的储存,它们彼此耦合,共同制约土下岩石的溶蚀作用。从季节气候对土壤理化性质的影响来看。夏半年雨热充沛,植物处于生长旺盛期,凋落物量多,微生物代谢活跃,能加快有机碳的分解速度,有利于岩溶作用的进行,从而使得各土地利用方式的最大溶蚀速率都出现在夏半年。

4 结论

(1)土地利用方式的不同造成土壤性质一系列的变化,会对溶蚀速率产生明显的影响,但无论是从夏半年还是从全年来看,溶蚀速率均为:林地>菜地>耕地>园地。除林地、菜地和园地土下50cm试片外,夏半年溶蚀速率都大于全年溶蚀速率。

(2)夏半年在全年的试片溶蚀作用过程中贡献大,其绝对溶蚀量所占全年比例都大于50%;且对表层土壤剖面中20cm左右的试片溶蚀量影响最为显著。

(3)岩溶作用受土壤pH值、有机碳和土壤水分等土壤性质及其相互作用的影响。夏半年植物处于

生长旺盛期,凋落物量多且分解速度快,根系多,微生物活跃,能产生大量CO₂。即通过影响土壤的水热状况加快土壤有机碳的分解速度,从而有利于岩溶作用的进行,因此各土地利用方式的最大溶蚀速率都出现在夏半年。

参考文献

- [1] 李阳兵,王世杰,王济,等.岩溶生态系统的土壤特性及其今后研究方向[J].中国岩溶,2006,25(4):285-289.
- [2] Pulina Marian, Denudacja chemiczna Na Obszarach karsu Weglanowego, Polska Academic Nauk, Instytut Geographic [J]. Prace Geographiczne NR105, 1974: 159.
- [3] Ivan Gams. Comparative research of limestone solution by means of standard tablets (Second Preliminary Report of the Commission of Karst Denudation, ISU) [J]. Proceedings of 8th International Congress of Speleology, 1981. 1: 273-275.
- [4] 袁道先,蔡桂鸿.岩溶环境学[M].重庆:重庆出版社,1988:62.
- [5] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [6] 潘根兴,曹建华.表层带岩溶作用:以土壤为媒介的地球表层生态系统过程—以桂林峰丛洼地岩溶系统为例[J].中国岩溶,1999,18(4):287-296.
- [7] 刘再华,何师意,袁道先,等.土壤中的CO₂含量及其对岩溶作用的驱动[J].水文地质工程地质,1998(4):42-45.
- [8] 潘根兴,曹建华,何师意,等.土壤碳作为湿润亚热带表层岩溶作用的动力机制:系统碳库及碳转移特征[J].南京农业大学学报,1999,22(3):49-52.
- [9] 任美铎,刘振中.岩溶学概论[M].北京:商务印书馆,1983:55-89.
- [10] 章程,谢运球,吕勇,等.不同土地利用方式对岩溶作用的影响—以广西弄拉峰丛洼地岩溶系统为例[J].地理学报,2006,61(11):1181-1188.
- [11] 王冬银,章程,谢世友,等.山区岩溶作用对土地利用方式的响应—以金佛山碧潭泉和水房泉两区岩溶系统为例[J].地学前缘,2007,14(4):222-230.
- [12] 李阳兵,邵景安,魏朝富,等.岩溶山区不同土地利用方式下土壤质量指标响应[J].生态与农村环境学报,2007,23(1):12-15.
- [13] 吴长文,王礼先.林地土壤孔隙的贮水性能分析[J].水土保持研究,1995,2(1):76-79.

Study on response of carbonate rock dissolution rate to the season in Zhongliang Mountain, Chongqing

XIE Fang, FU Wa-li, WANG Xiao-yang, PU Peng, ZHANG Lei,
TAN Bo, PENG Jing-tao, ZHEN Xiao-jun

(School of Geography Science, Southwest University, Chongqing 400715)

Abstract: Taking the karst area of Zhongliang Mountain as a case study, response relation of dolomitic limestone solution rate under different land using tapes to the season is analyzed through solution rate test on Jialingjiang dolomitic limestone piece of lower Triassic System in the field. In the test, four different types of land use, woodland, orchard land, farmland and vegetable field are chosen. The results indicate that the soil properties are highly different with the change of land use types, which affect the dissolution rate obviously. Both in summer and the whole year, dissolution rates under different land use tapes are (from high to low) woodland, vegetable land, farmland and orchard land. The dissolution amount in summer accounts for more than 50% of that in the whole year. And the dissolution rate in summer is higher than the average rate in whole year, except that in the 50cm deep in the woodland, vegetable field and orchard land. The reason is that the CO₂ and moisture increase in summer because of the high temperature and more rainfall, which are in favor of solution.

Key words: dissolution rate; dissolution quantity; seasonal response; carbonatite; Zhongliang Mountain, Chongqing