



# 岩溶槽谷区弃耕地自然演替过程中 土壤团聚体稳定性及有机碳变化



报告人：李益轩



导师：禹朴家 沈立成

西南大学 地理科学学院



# 目录

CONTENTS

01

研究意义及背景

02

国内外研究现状

03

研究区概况

04

研究方法

05

研究结果

# 一.研究意义及背景

## 1、“碳中和”

去年我国在第七十五届联合国大会上提出，二氧化碳排放力争在2030年前达到峰值，2060年前实现碳中和。

碳中和被列为2021年度国家八大重点任务之一。

通过植树造林、节能减排等形式，抵消各种人类活动产生的二氧化碳或温室气体排放量，达到相对“零排放”。

### 2021年八项重点任务

- 1 强化国家战略科技力量
- 2 增强产业链供应链自主可控能力
- 3 坚持扩大内需这个战略基点
- 4 全面推进改革开放
- 5 解决好种子和耕地问题
- 6 强化反垄断和防止资本无序扩张
- 7 解决好大城市住房突出问题
- 8 做好碳达峰、碳中和工作

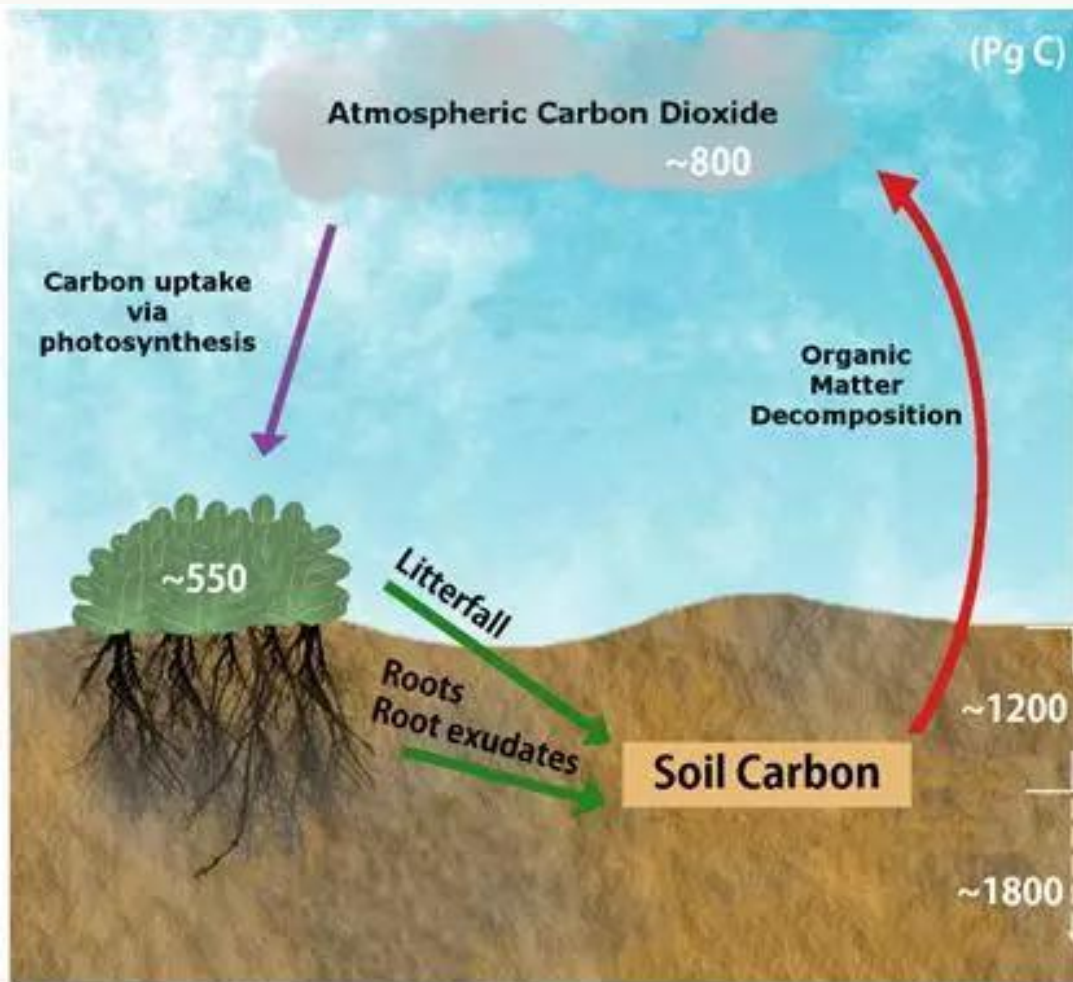
达到峰值，力  
行动方案，支

八项重点任务

# 一.研究意义及背景

## 2、土壤有机碳

土壤是陆地生态系统中最大的碳库，几倍于大气碳库，所以在陆地生态系统碳循环中，土壤碳的微小变化可能引起大气二氧化碳浓度的较大变异，进而加速或减缓全球变暖进程。



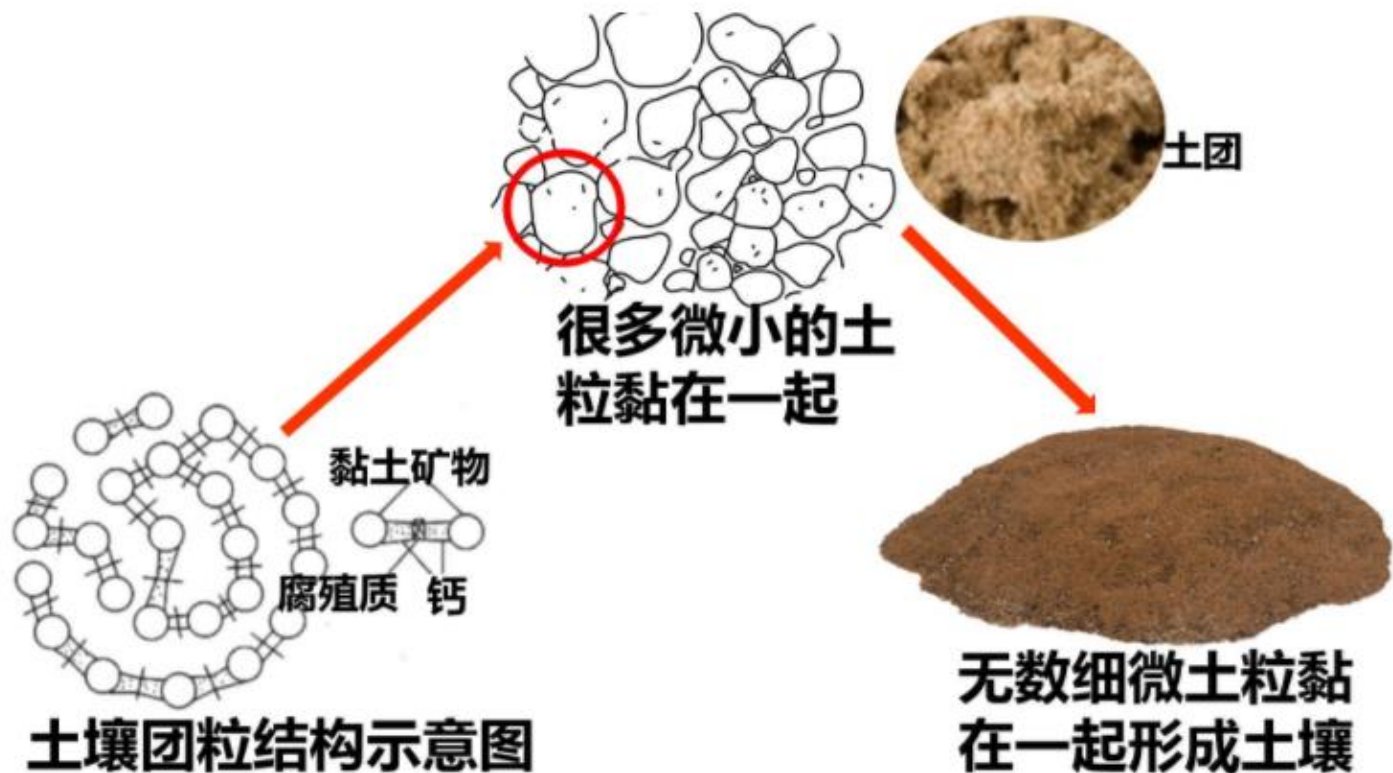
陆地碳循环过程（图片来自网络）

# 一.研究意义及背景

## 3、土壤团聚体

土壤团聚体(soil aggregate)又叫土团，是土壤颗粒经凝聚胶结作用后形成的个体，是土壤结构的基本单位，能够影响土壤侵蚀、压实、板结等物理过程与作用。

团聚体能够有效保护土壤有机碳,进而保持肥力,提升土壤质量,而土壤有机碳又是团聚体的胶结物质。



团聚体与土壤 (图片来自网络)

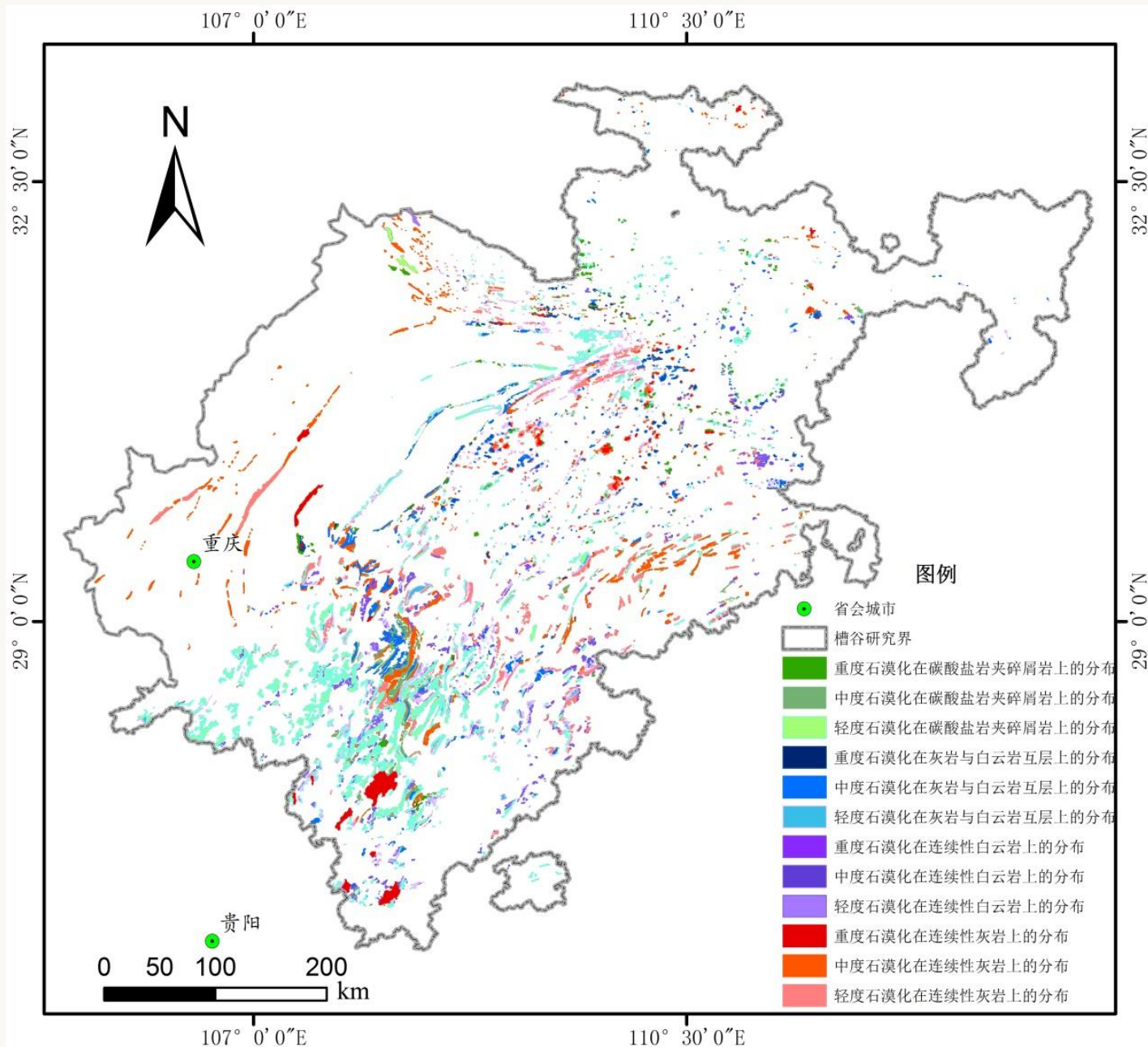
# 一.研究意义及背景

## 4、岩溶槽谷区

岩溶槽谷区面积 $1.32 \times 10^5 \text{km}^2$ ，是中国南方岩溶面积最大的地区。

与其他岩溶地貌相比，槽谷区生态环境更为脆弱，水土流失更为严重，也是石漠化治理效果相对较差的地区。

国家采取了“退耕还林”、封山育草等一系列综合治理措施来恢复该地区生态环境。同时也存在着农村土地抛荒现象。



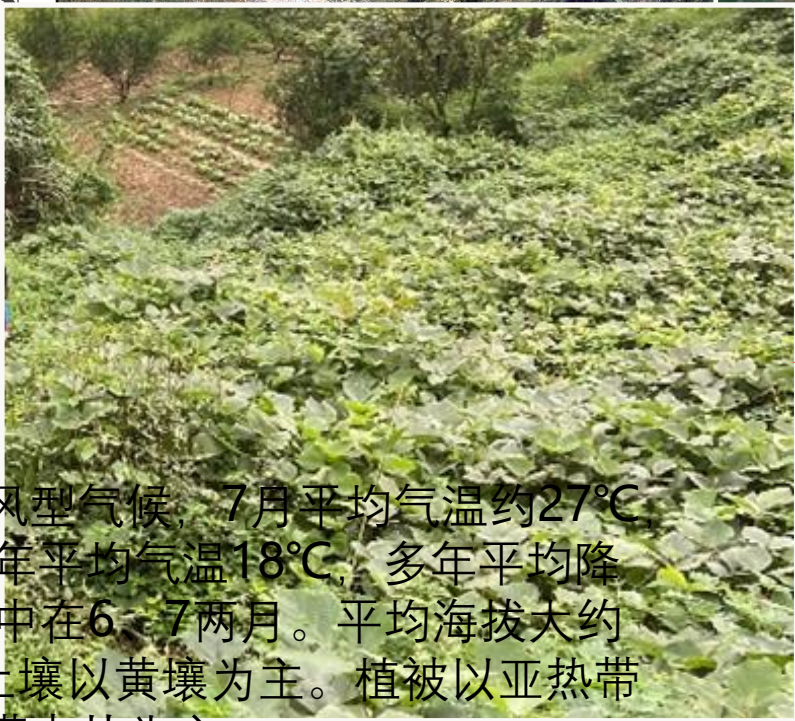
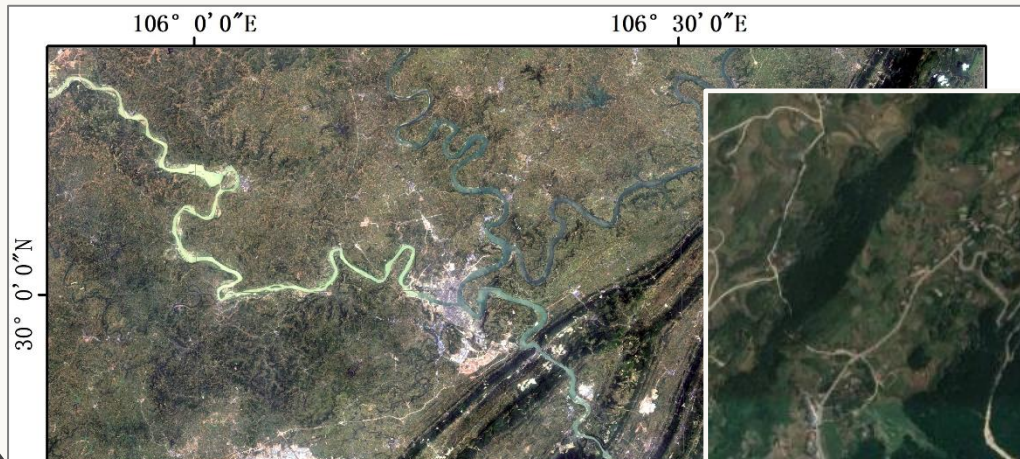
岩溶槽谷区分布图 (引自蒋勇军等)



## 二.国内外研究现状

- 1、近年来对土壤团聚体稳定性及其有机碳的研究开展得较多，但主要集中于农田管理措施（如耕作方式、施肥方式等）和土地利用变化的对比。关于退耕地自然演替过程方面的研究报道较少<sup>[1,2,3]</sup>。
- 2、在国内已开展的此类研究中，主要集中于北方地区（黄土高原、内蒙古高原等）<sup>[4,5]</sup>。

### 三、研究区概况



研究区属亚热带湿润季风型气候，7月平均气温约27℃，1月平均气温约5℃，多年平均气温18℃，多年平均降水量1250mm，降水集中在6、7两月。平均海拔大约500米。区域内发育的土壤以黄壤为主。植被以亚热带常绿阔叶林、旱生喜钙灌木丛为主。



# 四、研究方法

## 样品采集与实验

采样时间为2020年10月。在各个样地内随机设置4个取样点，挖取土壤剖面，采集0-10cm与10-20cm两层土样。采集的土样置于室内阴凉处自然风干。

团聚体分级采用湿筛法。分为大团聚体（>0.25mm），微团聚体（0.053mm-0.25mm）和粉粒黏粒组分（<0.053mm）。

有机碳含量测定采用重铬酸钾外加热法。

演替阶段	经纬度	海拔(m)	土层深度(cm)	土壤容重(g/cm <sup>3</sup> )	黏粒(%)	粉粒(%)	沙粒(%)
荒地 1a	29°45'46.7"N	479.1	0-10	1.47	12.61	61.27	26.12
	106°18'54.3"E		10-20	1.48	13.23	60.65	26.12
草地 3a	29°45'58.8"N	485.8	0-10	1.48	13.27	59.94	26.79
	106°19'05.3"E		10-20	1.56	16.74	59.58	23.68
灌丛 6a	29°46'01.0"N	495.4	0-10	1.44	9.94	57.79	32.27
	106°19'04.4"E		10-20	1.61	11.82	60.76	27.42

# 四、研究方法

## 数据计算

### 1、土壤团聚体稳定性计算

1)、平均重量直径 (MWD)

$$MWD = \sum_{i=1}^n X_i \times \frac{m_i}{m_t}$$

式中n为团聚体总粒级数， $X_i$ 为i级团聚体平均直径， $W_i$ 为i级团聚体占有所有团聚体的百分比， $m_i$ 为第i级团聚体质量， $m_t$ 为所有粒级团聚体总质量。

2)、几何平均直径 (GMD)

$$GMD = \exp\left(\frac{\sum_{i=1}^n W_i \ln \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^n W_i}\right)$$

式中 $R_i$ 为i级团聚体和i+1级团聚体之间的平均粒径， $R_{max}$ 是最大粒级团聚体的平均直径。 $M(r < R_i)$ 是所有粒径小于 $R_i$ 的团聚体的总质量。 $M_t$ 是所有团聚体的总质量。

3)、分形维数 (D)

$$\lg \frac{M_{(r < R_i)}}{M_t} = (3 - D) \lg \frac{R_i}{R_{max}}$$

# 四、研究方法

## 数据计算

### 2、土壤有机碳储量计算

$$OC \text{ stock} = \frac{OC \text{ content} \times SBD \times h \times W_i}{10}$$

### 3、某粒级团聚体有机碳对土壤有机碳的贡献率

$$= \frac{\text{该级团聚体中有机碳含量} \times \text{该级团聚体含量}(\%) \times 100}{\text{土壤有机碳含量}}$$

# 五、实验结果

## 1. 土壤团聚体含量及其稳定性

表一 弃耕地不同演替阶段土壤团聚体含量(%)

在同一列中不同小写字母的值具有显著差异。同一行中不同大写字母的值具有显著差异

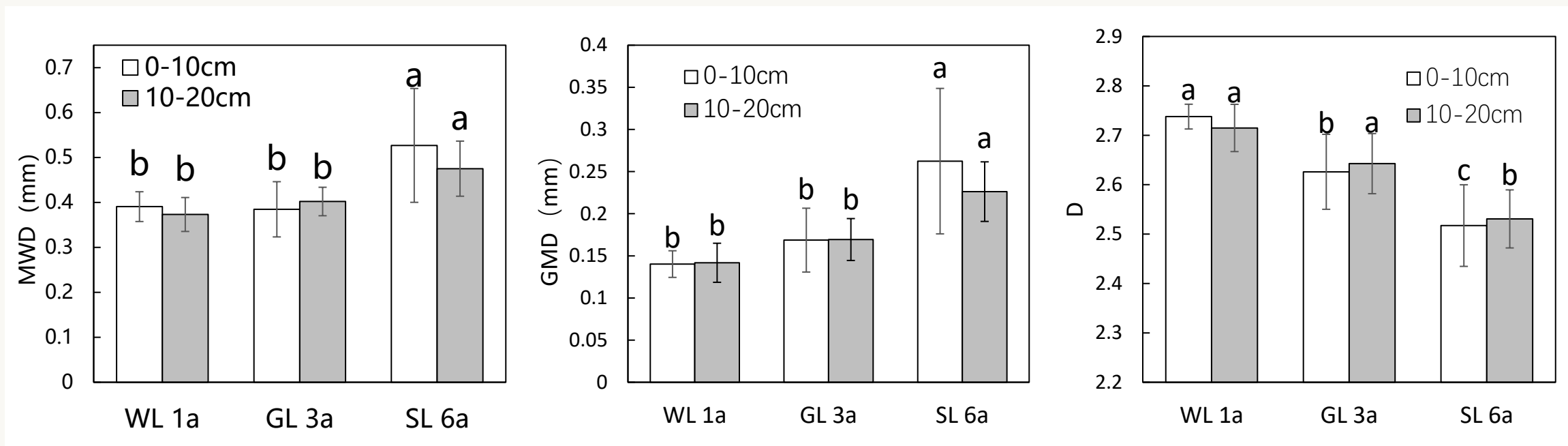
演替阶段	0-10cm			10-20cm		
	大团聚体	微团聚体	粉粒黏粒组分	大团聚体	微团聚体	粉粒黏粒组分
荒地 1a	29.56(3) <sup>abB</sup>	31.73(1.74) <sup>bB</sup>	38.72(3.55) <sup>aA</sup>	27.4(3.06) <sup>bB</sup>	36.68(3.56) <sup>bA</sup>	35.92(6.49) <sup>aA</sup>
草地 3a	27.37(5.38) <sup>bB</sup>	46.17(2.23) <sup>aA</sup>	26.47(7.29) <sup>bB</sup>	29.32(2.6) <sup>abB</sup>	42.88(3.77) <sup>abA</sup>	27.81(5.78) <sup>aB</sup>
灌丛 6a	40.87(12.34) <sup>aA</sup>	41.22(7.43) <sup>aA</sup>	17.92(5.37) <sup>bB</sup>	35.63(6.11) <sup>aB</sup>	45.85(6.16) <sup>aA</sup>	18.53(4.12) <sup>bC</sup>

结果表明，自然演替过程中，粉粒黏粒组分含量显著降低。微团聚体含量和大团聚体含量显著增加。

# 五、实验结果

## 1. 土壤团聚体含量及其稳定性

图一 弃耕地不同演替阶段土壤团聚体稳定性



结果表明，自然演替过程中，土壤团聚体平均重量直径增加，几何平均直径增加，分形维数减小。

表明土壤团聚体稳定性增强，土壤水稳性和抗侵蚀能力增强。

# 五、实验结果

表二 弃耕地不同演替阶段土壤有机碳含量(g/kg)

## 2.土壤有机碳含量

结果表明，自然演替过程中，0-10cm土层土壤有机碳含量变化不显著。10-20cm土层灌丛土壤有机碳含量有所下降。

演替阶段	大团聚体	微团聚体	粉粒黏粒组分	全土
0-10cm				
荒地 1a	9.58(1.11)aA	7.21(1.73)aB	10.2(0.33)aA	9.05(0.36)aA
草地 3a	10.81(4.55)aA	10.46(3.2)aA	11.45(2.12)aA	10.93(3.2)aA
灌丛 6a	9.72(1.46)aB	9.36(0.78)aB	13.92(3.72)aA	10.08(0.7)aB
10-20cm				
荒地 1a	8.87(1.89)aA	9.2(1.43)aA	9.53(0.73)aA	9.19(0.82)aA
草地 3a	8.47(2.38)aA	8.04(2.18)abA	9.13(1.57)aA	8.46(1.93)abA
灌丛 6a	6.35(0.75)aB	6.14(1.06)bB	11.09(1.96)aA	7.1(0.57)bB

\*在同一列中不同小写字母的值具有显著差异  
同一行中不同大写字母的值具有显著差异

# 五、实验结果

## 3. 土壤有机碳储量

### 结果表明：

演替过程对土壤团聚体有机碳储量有显著影响，随着休耕时间的增加，小粒径团聚体的有机碳储量减少，而大粒径团聚体的有机碳储量有一定的增加。  
对全土有机碳储量无显著影响。

表三 弃耕地不同演替阶段土壤有机碳储量(kg/m<sup>2</sup>)

演替阶段	大团聚体	微团聚体	粉粒黏粒	全土
0-10cm				
荒地 1a	0.42(0.06) <sup>aB</sup>	0.33(0.07) <sup>bB</sup>	0.58(0.07) <sup>aA</sup>	1.33(0.05) <sup>a</sup>
草地 3a	0.46(0.27) <sup>aA</sup>	0.72(0.25) <sup>aA</sup>	0.43(0.06) <sup>bA</sup>	1.62(0.47) <sup>a</sup>
灌丛 6a	0.56(0.13) <sup>aA</sup>	0.55(0.1) <sup>abA</sup>	0.34(0.02) <sup>cB</sup>	1.45(0.1) <sup>a</sup>
10-20cm				
荒地 1a	0.36(0.08) <sup>aB</sup>	0.5(0.08) <sup>aA</sup>	0.5(0.06) <sup>aA</sup>	1.36(0.12) <sup>a</sup>
草地 3a	0.39(0.13) <sup>aA</sup>	0.53(0.14) <sup>aA</sup>	0.39(0.08) <sup>abA</sup>	1.32(0.3) <sup>a</sup>
灌丛 6a	0.36(0.05) <sup>aAB</sup>	0.45(0.11) <sup>aA</sup>	0.33(0.07) <sup>bB</sup>	1.14(0.09) <sup>a</sup>

在同一列中不同小写字母的值具有显著差异。同一行中不同大写字母的值具有显著差异

# 五、实验结果

## 4. 团聚体有机碳对全土有机碳积累的贡献率

### 结果表明:

荒地 在0-10cm 的有机碳主要分布在粉粒黏粒组分中，10-20cm的有机碳主要分布在微团聚体和粉粒黏粒组分中。

草地的有机碳主要分布在微团聚体中。灌丛地的有机碳主要分布在大团聚体和微团聚体中。

表四 不同团聚体对土壤有机碳储量的贡献率(%)

演替阶段	团聚体有机碳对全土有机碳积累的贡献率(%)		
	大团聚体	微团聚体	粉粒黏粒
0-10cm			
WL 1a	31.21(4.35) <sup>aB</sup>	25.01(4.64) <sup>bB</sup>	43.78(5.93) <sup>aA</sup>
GL 3a	26.97(8.94) <sup>aB</sup>	44.07(2.9) <sup>aA</sup>	28.97(11.14) <sup>bB</sup>
SL 6a	38.36(7.68) <sup>aA</sup>	38.27(6.95) <sup>aA</sup>	23.37(1.6) <sup>bB</sup>
10-20cm			
WL 1a	26.4(5.5) <sup>aB</sup>	36.52(4.41) <sup>aA</sup>	37.07(4.48) <sup>aA</sup>
GL 3a	29.29(5.46) <sup>aB</sup>	40.36(1.98) <sup>aA</sup>	30.35(7.16) <sup>aB</sup>
SL 6a	31.59(4.09) <sup>aA</sup>	39.89(9.24) <sup>aA</sup>	28.52(5.41) <sup>aB</sup>



# 五、实验结果

## 4. 团聚体有机碳对全土有机碳积累的贡献率

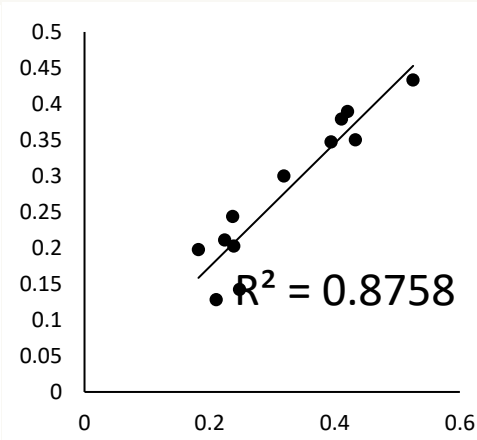
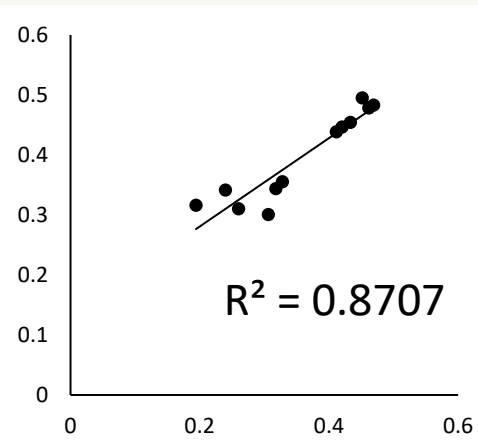
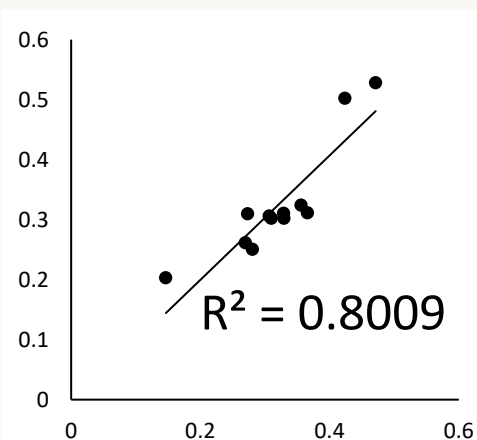
>0.25mm

0.053-0.25mm

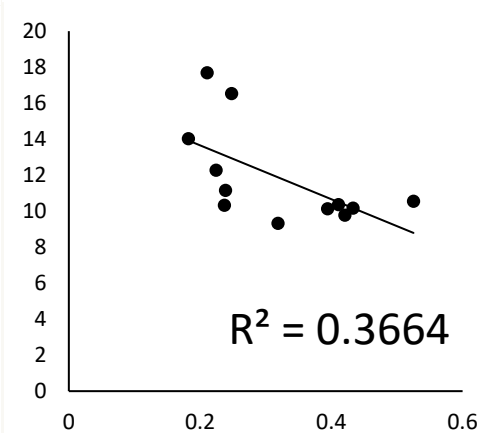
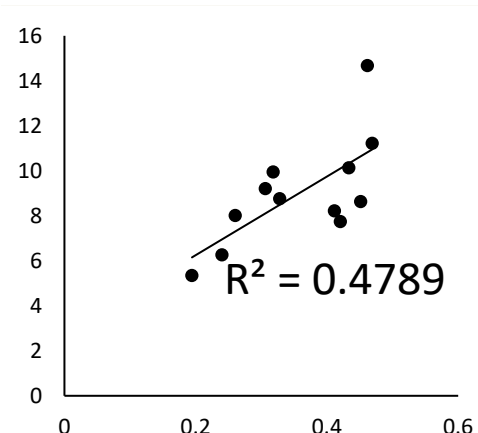
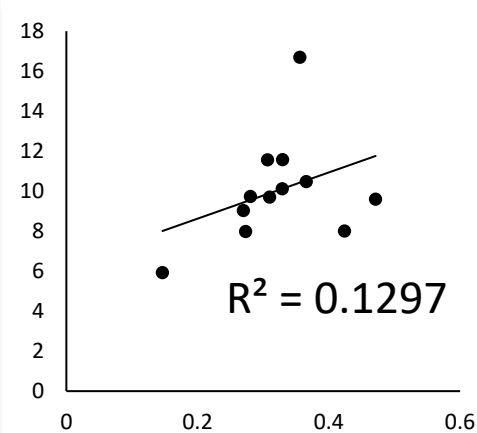
<0.053mm

0-10cm

团聚体含量(%)



团聚体有机碳含量(g/kg)



团聚体有机碳对土壤有机碳的贡献率(%)

# 五、实验结果

## 4.团聚体有机碳对全土有机碳积累的贡献率

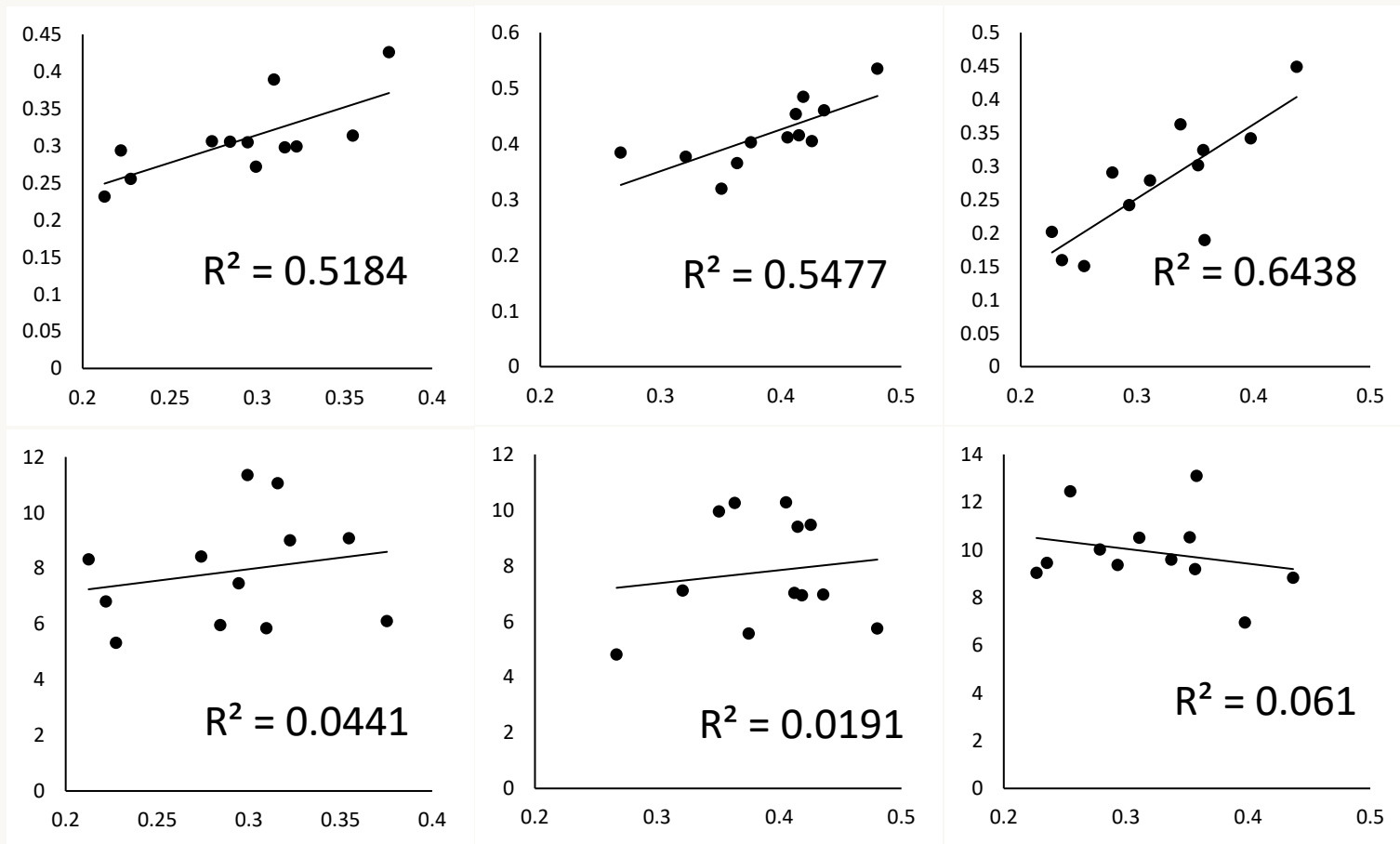
10-20cm

>0.25mm

0.053-0.25mm

<0.053mm

团聚体含量(%)



团聚体有机碳  
含量(g/kg)

团聚体有机碳对土壤有机碳的贡献率(%)

# 结论：

- 结果表明：
  - 岩溶槽谷区弃耕农田的次生演替
    - ①显著提高了土壤团聚体的水稳性和抗侵蚀能力；
    - ②除10-20 cm土层灌丛地外，对土壤有机碳含量无显著影响；
    - ③对土壤有机碳储量影响也不显著，但使土壤中有机碳的分布发生变化，大团聚体和微团聚体对土壤有机碳储量的贡献增加，这主要是由于大团聚体和微团聚体在土壤中含量的增加所致。
- 综上所述，岩溶槽谷地区弃耕地在荒地到灌丛地阶段的次生演替有利于防止土壤侵蚀，但对直接增加土壤固碳量的影响有限。

# 参考文献

- [1]. Zhong, Z.K., Han, X.H., Xu, Y.D., Zhang, W., Fu, S.Y., Liu, W.C., Yang, G.H. & Ren, G.X. (2019). Effects of land use change on organic carbon dynamics associated with soil aggregate fractions on the Loess Plateau, China. *Land Degradation & Development*, 30(9), 1070-1082.
- [2]. Shrestha, B.M., Sitaula, B.K., Singh, B.R., & Bajracharya, R.M. (2004). Soil organic carbon stocks in soil aggregates under different land use systems in Nepal. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70(2), 201-213.
- [3]. Lan, J.C., & Shen, Y. (2020). Effects of vegetation restoration on soil aggregate associated organic carbon and carbon pool management index in karst trough valley region. *Guihaia*, 40(6), 765-775.
- [4]. Qiu, L., Wei, X., Gao, J., & Zhang, X. (2015). Dynamics of soil aggregate-associated organic carbon along an afforestation chronosequence. *Plant Soil*. 391, 237-251.
- [5]. Dong, L.B., Hai, X.Y., Wang, X.Z., Deng, L., Li, B.B., Liu, Y.L., Li, J.W., Li, M.Y., Lü, W.W., & Shanguan, Z.P. (2020). Effects of plant community dynamics on ecosystem carbon stocks since returning farmlands to grasslands on the Loess Plateau. *Ecologica Sinica*, 40(23), 8559-8569.
- [6] 王正雄, 蒋勇军, 张远瞩, 段世辉, 刘九缠, 曾泽, 曾思博. 基于GIS与地理探测器的岩溶槽谷石漠化空间分布及驱动因素分析[J]. 地理学报, 2019, 74(05): 1025-1039.



**感谢观看 恳请指正**

