

# 赣县崩岗削坡开梯柑橘园土壤性质 随种植年限的变化趋势

邓羽松<sup>1</sup> 丁树文<sup>1,2</sup> 夏 栋<sup>1</sup> 何溢钧<sup>1</sup> 张 勇<sup>1</sup> 吕悦凝<sup>1</sup> 龙 云<sup>1</sup>

1. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070; 2. 农业部长江中下游耕地保育重点实验室, 武汉 430070

**摘要** 以赣县崩岗削坡开梯治理区为研究对象, 采集不同年份种植柑橘的土样进行相关分析, 研究该地区崩岗不同年份开发治理过程中土壤颗粒组成及土壤养分差异。结果表明: 随着种植年限增加, 土壤中的粉粒、粘粒含量都呈显著增加趋势( $P < 0.05$ ), 土壤质地由沙质向壤质方向发展。同时土壤中各养分含量也呈显著增加趋势( $P < 0.05$ )。砾石和砂粒含量与土壤养分呈显著负相关, 而粉粒和粘粒含量与养分含量呈显著正相关。综合分析, 采用削坡开梯开发种植模式对减少崩岗区土壤沙化的效果明显, 且种植年限越长土壤熟化效果越显著。

**关键词** 崩岗; 削坡开梯; 柑橘; 土壤性质

**中图分类号** S 157.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)03-0059-05

崩岗是指山坡土体或岩石风化壳在水力和重力作用下被分解崩塌的侵蚀现象<sup>[1]</sup>, 主要分布在南方花岗岩地区, 被称为“生态溃疡”, 对自然环境和人类生产生活产生很大影响。1960年, 曾昭璇<sup>[2]</sup>在学术界提出“崩岗”一词, 此后, 对于崩岗的研究逐渐增多。根据2005年崩岗普查结果, 中国南方大于60 m<sup>2</sup>的崩岗共有23.91万个, 总面积1 220 km<sup>2</sup><sup>[3]</sup>。崩岗侵蚀量大, 单个崩岗年侵蚀量可达35.0万t<sup>[4]</sup>, 沟头后退速率快, 一场暴雨的溯源侵蚀即可向前推进2~10 m<sup>[5]</sup>。针对崩岗严重的侵蚀现状, 赣县采用“上拦、下堵、中间削、内外绿化”等工程措施与植物措施相结合、治理与开发利用相结合的方法来治理<sup>[6]</sup>, 其中削坡开梯是赣县治理崩岗的主要手段, 尤其是削坡开梯后在台地上种植柑橘更是赣县治理崩岗的特色, 这种治理崩岗的模式对生态效益以及经济效应均有重大意义。

有关我国南方崩岗的研究侧重于成因机制以及危害治理等方面, 但是对于崩岗体削坡开梯后对梯面土壤的开发以及土壤熟化方面的研究较少<sup>[7]</sup>。因此, 笔者选取赣县不同年限开发利用崩岗削坡开梯区域为研究对象, 对土壤颗粒组成、有机质含量、氮磷钾含量以及阳离子交换量进行比较分析, 旨在探

索崩岗削坡开梯治理过程中沙化土壤的土壤理化特征差异, 揭示削坡开梯种植柑橘对崩岗治理区生态恢复的影响规律, 为崩岗侵蚀区治理与土壤恢复技术提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于江西省赣县, 地处江西省南部, 赣江上游, 东经114°42'~115°22', 北纬25°26'~26°17'; 属中亚热带丘陵山区季风湿润气候区, 年均气温19.3℃, 年均日照1 092 h, 年均降雨量1 394.3 mm, 无霜期298 d。全县国土总面积2 993.09 km<sup>2</sup>, 总人口约63万。山地面积为24.0万hm<sup>2</sup>, 人均0.38 hm<sup>2</sup>, 耕地面积2.46万hm<sup>2</sup>, 人均0.039 hm<sup>2</sup>。农业种植方式以柑橘、水稻、蔬菜和经济林为主。该地水土流失严重, 流失面积达882.77万hm<sup>2</sup>, 占全县土地面积的29.5%。尤其是崩岗侵蚀最为严重, 全县大小崩岗达4 138多处, 崩岗面积达1 808.3 hm<sup>2</sup>, 给生产带来了巨大影响<sup>[8]</sup>。

### 1.2 土样采集与处理

本次调查位于赣县田村镇, 选择崩岗削坡开梯区不同年份种植的柑橘园作为典型样地, 当地的立

收稿日期: 2014-03-15

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAD31B04); 国家自然科学基金项目(41201271); 华中农业大学“国家级大学生创新创业训练计划”项目(201410504021)

邓羽松, 硕士研究生。研究方向: 崩岗侵蚀沙化农田质量恢复。E-mail: dennysu@163.com

通信作者: 丁树文, 副教授。研究方向: 水土保持与农业生态。E-mail: dingshuwen@mail.hzau.edu.cn

地条件相同,农业耕作均采用相同的施肥方式。采样区地理位置基本信息见表1。在选定的代表性地块上,先除去土样表面的杂物,每个样地按“S”型样线采集10个耕作层(0~20 cm)土样混合为1个

样,将其混合,然后采用四分法分别取样品1~2 kg带回室内,土样经自然风干,剔除粗根和小石块,磨细过筛,根据样品分析的需要制备相应粒径土样备用。

表1 采样地点基本情况

Table 1 The basic situation of the sampling locations

种植年限/a Planting years	地理位置 Location		样地基本情况 The basic plot situation
	东经 Longitude	北纬 Latitude	
17	115°11'12.3"	26°12'29.3"	1996年对崩岗区进行削坡开梯并种植柑橘,柑橘根部间隔2~3 m,目前果树平均高度约2.3 m,长势良好,产量较高。
8	115°11'16.6"	26°12'26.2"	2005年对崩岗区进行削坡开梯并种植柑橘,目前果树平均高度约2 m,长势良好,植被郁闭度高。
5	115°11'13.3"	26°12'26.2"	2008年对崩岗区进行削坡开梯并种植柑橘,目前果树平均高度约1.5 m,长势良好。
3	115°11'08.6"	26°12'26.3"	2010年对崩岗区进行削坡开梯并种植柑橘,目前果树平均高度约0.8 m,长势良好,未能完全覆盖地表。
1	115°10'41.1"	26°12'25.8"	2012年对崩岗区进行削坡开梯并种植柑橘,目前果树平均高度约0.5 m,长势良好,但地表裸露。
荒地 Wasteland	115°12'36.8"	26°13'26.5"	该崩岗区刚进行削坡开梯,尚未种植作物,无植被覆盖。

### 1.3 测定方法

土壤理化性质均按常规方法进行测定<sup>[9]</sup>。砾石含量测定采用筛分法,土壤颗粒组成测定采用吸管法;土壤含水率测定采用烘干法;pH测定采用电位计法;土壤有机质(SOM)测定采用重铬酸钾外加热法;土壤全氮(TN)测定采用半微量凯氏法;土壤全磷(TP)测定采用硫酸-高氯酸-钼锑抗比色法;土壤全钾(TK)测定用火焰光度法;土壤碱解氮(AN)测定采用碱解扩散法;土壤速效磷(AP)测定采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法;速效钾(AK)采用醋酸铵浸提-火焰光度法;阳离子交换量(CEC)采用乙酸铵交换法。

### 1.4 数据处理

采用Excel软件进行数据统计和分析,并绘制相应的图表,利用SPSS 16.0进行方差分析和相关性分析,应用最小显著性差异(LSD)检验不同处理之间的显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤颗粒组成分布特征

不同年限开发利用崩岗削坡开梯的台地种植柑橘的土壤颗粒组成变化见表2。由表2可知,对该地崩岗区进行削坡开梯并种植柑橘之后,随着开发年限的增加,土壤中砾石(粒级 $D > 2$  mm)含量以及砂粒( $0.05 \text{ mm} < D \leq 2 \text{ mm}$ )含量均表现为种植17 a < 种植8 a < 种植5 a < 种植3 a < 种植1 a < 荒地;而粉粒( $0.002 \text{ mm} < D \leq 0.050 \text{ mm}$ )和粘粒( $D < 0.002 \text{ mm}$ )含量均表现为种植17 a > 种植8 a > 种植5 a > 种植3 a > 种植1 a > 荒地。从荒地土壤颗粒组成可以看到,崩岗削坡开梯未种植区含砾石和砂粒的含量较多,分别为30.31%和82.47%,而粉粒与粘粒的含量却分别只占4.45%和13.08%,说明花岗岩发育的红土中含有较多尚未风化的长石和极难风化的石英<sup>[10]</sup>,经过削坡开梯

表2 土壤颗粒组成分布特征

Table 2 Distribution characteristics of soil particles

种植年限/a Planting years	土壤质地 Soil texture			
	砾石 Gravel ( $D > 2 \text{ mm}$ )	砂粒 Sand ( $0.05 \text{ mm} < D \leq 2.00 \text{ mm}$ )	粉粒 Silt ( $0.002 \text{ mm} < D \leq 0.050 \text{ mm}$ )	粘粒 Clay ( $D < 0.002 \text{ mm}$ )
17	15.27	38.17	23.59	38.24
8	16.69	39.19	29.97	30.84
5	25.93	54.49	19.31	26.21
3	23.21	65.17	18.75	16.08
1	29.70	67.94	16.10	15.96
荒地 Wasteland	30.31	82.47	4.45	13.08

后,长石和石英等大部分未风化物则露出地表。而赣县经过不同年限在崩岗体进行柑橘种植后,砾石和砂粒呈逐渐下降趋势,粉粒含量和粘粒却呈逐渐上升趋势,导致土壤质地发生了明显的变化。总体而言,随着种植柑橘年限的增加,崩岗削坡开梯区土壤质地向着壤质化方向发展。

## 2.2 土壤 pH、CEC 和有机质含量差异

从表 3 可知,赣县花岗岩风化后成土属于酸性土,  $pH < 7$ 。pH 变化的幅度也不大,范围为 4.54~4.72,各样地之间土壤 pH 值无明显的变化规律。削坡开梯未种植区域阳离子交换量最低,为 12.90 cmol/kg,崩岗区削坡开梯种植柑橘 17、8、5、3、1 a 与荒地相比,阳离子交换量分别增加 59.38%、37.44%、42.40%、34.96%和 6.59%。对其进行差异性检验,种植柑橘 17、8、5、3 a 与荒地相比差异性显著,种植 1 a 台地土壤与荒地相比虽增加但差异性不显著,其中种植 3 a 和 8 a 差异性不显著,说明不同年限种植柑橘对崩岗削坡开梯区的保肥能力有较好作用。

不同年份种植柑橘的削坡开梯台地土壤有机质差异明显,种植柑橘 17 a 坡地土壤有机质含量最高,为 13.57 g/kg,刚采用崩岗削坡开梯治理崩岗但尚未种植柑橘的土壤有机质含量最低,为 5.64 g/kg,种植柑橘 17 a 有机质增加了 140.6%。种植柑橘 8、5、3、1 a 与荒地相比,土壤有机质分别增加 102.7%、133.0%、85.5%、57.6%,且各处理间差异达到显著水平,表现为柑橘种植 17 a > 5 a > 8 a > 3 a > 1 a > 荒地,这可能是由于柑橘树本身产生的

枯枝落叶分解之后产生一定量有机质,而导致有机质含量逐渐增加。

## 2.3 土壤全量养分的变化

由表 3 可知,崩岗削坡开梯尚未种植柑橘区域的全氮含量总体上偏低,未种植柑橘的削坡开梯全氮含量最低,为 0.20 g/kg。削坡开梯后种植柑橘 17、8、5、3 a 与荒地相比分别增加 270%、130%、240%、55%,且各处理间差异达到显著水平,种植柑橘 1 a 与尚未种植柑橘的土壤全氮含量没有明显差异,表现为种植 17 a > 5 a > 8 a > 3 a > 1 a > 荒地。因此,不同年份开发利用崩岗削坡开梯区域种植柑橘的土壤全氮含量呈现出与有机质含量相似的趋势。与荒地相比,种植柑橘 17、8、5、3 a 的全磷含量分别增加 189.5%、89.5%、157.9%、21.1%,且均有了显著性增加,但增加的规律性不明显。此外,从表 3 可知,尚未种植柑橘的崩岗削坡开梯区域全钾的含量极低,为 2.30 g/kg,但经开发之后的全钾含量均有不同程度的增加。种植柑橘 17、8、5、3、1 a 的全钾含量较荒地分别增加 16.07%、66.52%、56.52%、93.48%和 3.48%,且都达到了差异显著,但种植柑橘 1 a 的土壤增加的差异不显著。

## 2.4 不同开发年限土壤速效养分的变化

由表 3 可知,随着开发利用崩岗削坡开梯区的年限增加,土壤碱解氮的含量也呈上升的趋势,且都比尚未种植柑橘的崩岗削坡开梯区土壤有显著性增加,种植柑橘 1 a 相比种植 3 a 的碱解氮也有不显著的增加。从表 3 可以看出,与荒地相比,种植柑橘 17、8、5、3、1 a 分别增加 65.21%、30.88%、30.23%、2.57%

表 3 土壤的化学性质<sup>1)</sup>

Table 3 Soil chemical properties

种植年限/a Planting years	pH	CEC/ (cmol/kg)	OM/ (g/kg)	PN/ (g/kg)	TP/ (g/kg)	TK/ (g/kg)	AN/ (mg/kg)	AP/ (mg/kg)	AK/ (mg/kg)
17	4.55± 0.03 a	20.56± 0.31 e	13.57± 0.80 d	0.74± 0.01 e	0.55± 0.01 f	2.67± 0.05 b	79.80± 0.35 d	68.88± 2.15 c	150.8± 2.9 b
	8	4.72± 0.02 c	17.73± 0.26 c	11.43± 1.53 cd	0.46± 0.01 c	0.36± 0.03 d	3.83± 0.29 c	73.50± 1.05 d	34.55± 3.38 b
5		4.66± 0.02 bc	18.37± 0.13 d	13.14± 1.23 d	0.68± 0.01 d	0.49± 0.02 e	3.60± 0.24 c	95.20± 8.19 e	33.9± 3.11 b
	3	4.54± 0.07 a	17.41± 0.09 c	10.46± 1.10 bc	0.31± 0.01 b	0.23± 0.01 c	4.45± 0.24 d	34.42± 2.05 c	6.24± 0.39 a
1		4.55± 0.05 a	13.75± 0.09 a	8.89± 1.05 b	0.21± 0.01 a	0.15± 0.01 a	2.38± 0.27 ab	25.78± 1.13 b	4.87± 1.69 a
	荒地 Wasteland	4.63± 0.01 ab	12.90± 0.09 a	5.64± 0.80 a	0.20± 0.00 a	0.19± 0.02 b	2.30± 0.29 a	13.77± 0.40 a	3.67± 0.76 a

1) OM: 有机质 Organic matter; TN: 全氮 Total N; TP: 全磷 Total P; TK: 全钾 Total K; AN: 碱解氮 Alkaline N; AP: 速效磷 Alkaline P; AK: 速效钾 Alkaline K; 表中数据为平均值±标准差,同列相同字母表示差异不显著 ( $P < 0.05$ )。Data in the table as mean±standard deviation, with the same letters column was not significantly different ( $P < 0.05$ ). 下同 The same as below.

1.20 mg/kg。总体上,随着种植柑橘年限的增加,速效磷含量也在提升,表现种植橘 17 a>5 a>8 a>3 a>1 a>荒地,与荒地相比,种植 1 a 和种植 3 a 变化差异不显著,种植 5、8、17 a 则显著增加,种植 5 a 和 8 a 变化差异不显著。从表 3 中还可以看出,同土壤速效氮和速效磷一样,开发柑橘之后的崩岗削坡开梯区域的土壤速效钾含量高于未经开发区域的含量。与荒地相比,种植柑橘 17、8、5、3、1 a 分别增加 100.2、180.4、70.4、155.4、5.0 mg/kg,除种植 1 a 柑橘增加的差异不显著之外,其他耕作年限的速效钾含量均有显著性增加。

表 4 土壤养分与土壤颗粒组成的相关性分析<sup>1)</sup>

Table 4 Correlation analysis between soil nutrient and soil particle composition

相关因子 Related factors	CEC	OM	TN	TP	TK	AN	AP	AK
砾石 Gravel	-0.848**	-0.684**	-0.671**	-0.685**	-0.419	-0.643**	-0.811**	-0.635**
砂粒 Sand	-0.865**	-0.824**	-0.794**	-0.783**	-0.370	-0.836**	-0.865**	-0.669**
粉粒 Silt	0.754**	0.760**	0.581*	0.554*	0.562*	0.716**	0.623**	0.754**
粘粒 Clay	0.863**	0.787**	0.886**	0.890**	0.166	0.846**	0.974**	0.521*

1) \* 表示处理间具有显著的相关性( $P<0.05$ ); \*\* 表示处理间具有极显著的相关性( $P<0.01$ )。\* indicates a significant correlation between treatment ( $P<0.05$ ); \*\* indicates between treatments have very significant correlation ( $P<0.01$ ).

### 3 讨论

利用赣县崩岗削坡开梯区域种植柑橘能有效改变土壤颗粒组成,随着开发时间的增加,砾石含量以及砂粒含量均减少,而粉粒以及粘粒的含量均呈增加趋势,说明开发年份越久越有利于细颗粒物质的生成。种植柑橘 17、8、5、3、1 a 与未种植的削坡开梯区域土壤相比,土壤 pH 值有轻微变化。种植柑橘 17、8、5、3、1 a 与未种植的削坡开梯区域土壤相比,土壤有机质和阳离子交换量显著增加,且随着开发时间的延长而增加。土壤阳离子交换量的大小,是土壤复合胶体的重要特性之一,是土壤保肥能力、缓冲能力的重要标志<sup>[11]</sup>。种植年限增加,土壤的保肥能力也有了较大提高,对营养的控制也有了增强,同时,氮磷钾含量变化也极为明显。

对土壤养分与颗粒组成进行相关分析得到,土壤养分与砾石和砂粒含量呈显著负相关,而与粉粒和粘粒含量呈显著正相关。表明在崩岗削坡开梯区种植农作物,有助于土壤颗粒组成朝着改善土壤水肥状况的方向发展,而且还可以根据土壤颗粒组成的分布判断土壤的肥力水平。研究表明,土壤全氮含量与有机质含量之间存在着极显著正相关,凡是影响土壤有机质分布的因素均能不同程度地影响土壤全氮分布<sup>[12]</sup>,与本研究的的研究结果一致。土壤颗

### 2.5 土壤养分与土壤颗粒组成的相关性分析

从表 4 可以看出,砾石和砂粒含量与土壤阳离子交换量、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾呈负相关;而粉粒和粘粒含量与土壤养分则呈正相关。可以看到,土壤中砾石和砂粒与各化学指标的相关性达到了极显著水平,粉粒和粘粒与土壤各化学指标之间也达到了显著水平。因此,改善崩岗削坡开梯之后的土壤,加快土壤熟化,可以考虑改善土壤中颗粒大小出发。只要土壤中细颗粒物增加,土壤就会趋于熟化,更加有利于柑橘的生长。

粒与土壤化学指标的相关性,跟前人的研究结果接近<sup>[13-14]</sup>。这些结论说明土壤肥力和土壤的颗粒组成息息相关。土壤中砾石和砂粒的含量高,则土壤保持养分、水分和供给养分的能力较弱。然而,粉粒和粘粒的含量越高,土壤保水的性能就越强。开发崩岗削坡开梯区种植柑橘园的土壤理化性质的相关性是否显著,可以作为崩岗侵蚀农田质量恢复的依据。

本研究结果显示,赣县崩岗经过削坡开梯加上种植柑橘后土壤中有有机质、阳离子交换量以及氮磷钾等养分与种植年限表现出正相关关系,同时土壤质地也由砂质朝着壤质方向发展,说明了不同养分指标随种植年限的延长在土壤中都有不同程度的增加,该结果与前人的研究结果基本一致<sup>[15-16]</sup>。除了种植方面的养分累积加快了土壤熟化,同时进行削坡开梯对崩岗区的水土保持也起到了促进作用。研究结果对治理崩岗侵蚀区有重要意义,建议削坡开梯后进行农作物种植的同时进行相关的培肥措施,对于加快土壤熟化会起到积极作用。

### 参 考 文 献

- [1] 李双喜,桂惠中,丁树文. 中国南方崩岗空间分布特征[J]. 华中农业大学学报, 2013, 32(1): 83-86.
- [2] 曾昭璇,黄少敏. 中国自然地理(地貌)[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 32-36.
- [3] 冯明汉,廖纯艳,李双喜,等我国南方崩岗侵蚀现状调查[J]. 人

- 民长江,2009,40(8):66-68.
- [4] 梁音,宁堆虎,潘贤章,等.南方红壤区崩岗侵蚀的特点与治理[J].中国水土保持,2009(1):31-34.
- [5] 中国、加拿大水土保持协作组.广东省水土保持研究[M].北京:科学出版社,1989:23-30.
- [6] 江金波.再论崩岗侵蚀的成因与防治—以德庆、五华两地为例[J].中国水土保持,1995(1):19-22.
- [7] 龙莉,丁树文,蔡崇法,等.花岗岩红壤丘陵区崩岗侵蚀对农田的危害及治理[J].中国水土保持,2013(12):24-26.
- [8] 汪清,邱欣珍.赣县崩岗综合治理经验评述[J].水土保持科技情报,2001(3):38-40.
- [9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [10] 李思平.崩岗形成的岩土特性及其防治对策的研究[J].水土保持学报,1992,6(3):29-35.
- [11] 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,1981.
- [12] 王志强.南通市各农区土壤有机质与全氮测定及其相关性分析[J].现代农业科技,2009(12):221-222.
- [13] 唐炎林,邓晓保,李玉武,等.西双版纳不同林分土壤机械组成及其肥力比较[J].中南林业科技大学学报:自然科学版,2007,27(1):70-75.
- [14] 王利民,林新坚,黄东风,等.红壤茶园不同培肥模式的土壤理化效应[J].东北林业大学学报,2012,40(1):54-57.
- [15] 伊田,梁东丽,王松山,等.不同种植年限对设施栽培土壤养分累积及其环境的影响[J].西北农林科技大学学报,2010,38(7):111-117.
- [16] 朱余清,王军,崔素兰.不同使用年限蔬菜大棚土壤盐渍化程度及其改良措施[J].江苏农业科学,2011,39(5):482-485.

## Dynamics of soil properties in Gan County Gang collapse slope cutting open staircase with citrus orchard planting years

DENG Yu-song<sup>1</sup> DING Shu-wen<sup>1,2</sup> XIA Dong<sup>1</sup>  
HE Yi-jun<sup>1</sup> ZHANG Yong<sup>1</sup> LYU Yue-ning<sup>1</sup> LONG Yun<sup>1</sup>

1. College of Resources and Environmental Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Key Laboratory of Arable Land Conservation for (Middle and Lower Reaches of Yangtze River), Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China

**Abstract** Collapsing hill is a special form of soil erosion in red soil region of southern China, and causes extremely serious harm. Gan County Gang slope cutting open staircase collapse control areas collected in different years of growing citrus were used to make correlation analysis of soil samples to study the dynamic changes in different years and to develop the process of governance in the area of soil particles collapse post body composition and soil nutrients. The results showed that soil silt, clay contents had a significant increasing trend ( $P < 0.05$ ) with the increase of planting years, toward the loamy soil texture and fine direction of development. At the same time each soil nutrient content also showed a significant increasing trend ( $P < 0.05$ ). Gravel, sand and soil nutrient was significantly negatively correlated with the nutrient of silt and significantly positively correlated with clay content. After a comprehensive analysis, a deep cutting open staircase was used to develop cropping area to restore dilapidated granite soil. Effect of desertification was obvious and effect of soil restoration with longer years of planting was more significant. The results will be helpful for scientific controlling collapsing erosion and improving the economic efficiency of controlling.

**Key words** collapsing hill; slope cutting open staircase; citrus; soil properties