

花岗岩侵蚀区坡面工程措施的研究

姚毅臣 李相玺 范明华

(江西省水土保持科学研究所 南昌 330029)

摘 要 选择水平地、反坡地、水平沟、撩壕四种坡面工程措施与未采取工程措施进行 5×5 拉丁方设计。对各小区的植物生长状况,0~60cm土壤含水量统计分析及多重比较,结合各自的拦蓄效果的研究,认为实施水平沟是花岗岩侵蚀区治理的最佳工程措施,撩壕效果较佳,采取的反坡地和水平地其效果不如水平沟和撩壕好。

关键词 花岗岩侵蚀区 工程措施 植物措施 统计检验

Study on Slope Engineering Measures in Eroded Granite Region

Yao Yichen Li Xiangxi Fan Minghua

(Soil and Water Conservation Research Institute of Jiangxi Province Nanchang 330029)

Abstract Based on the latin-square design method, four slope types of engineering measures, level narrow terrace, reversed slope terrace, horizontal ditch, trench and original slope are constructed in the eroded granite area. Plant growth, soil water content in 0~60cm depth, and conservation effect of each plot are observed and analyzed. The results showed that the best engineering measure is horizontal ditch, the second is trench in eroded granite region.

Key words granite region engineering measure plant measure statistic test

江西是我国水土流失严重的省份之一,流失面积达到4.61万 km^2 ,占全省土地面积的27.7%^[1]。其中,花岗岩发育的土壤侵蚀面积达1.2万 km^2 ,占水土流失面积的26.0%,居其它各种岩性侵蚀面积之首。近几十年来,花岗岩的治理取得了很大的进展,总结了一些有推广价值的治理经验^[2,3,4],使昔日的“白砂岗”重新披上了绿装,取得了良好的生态效益。

水土保持坡面工程在治理水土流失过程中发挥了重要作用,它具有截短地面流线,分段拦蓄径流,增加土壤入渗,保持土壤水分,减少水土流失的功效。从江西省水土流失治理采取的措施中,采用了水平沟、反坡地、撩壕、水平地、鱼鳞坑等坡面工程,但不同的工程其功效大小不同。本研究通过设置于同一流失类型相同坡度相同坡向的水平沟、反坡地、水平地、撩壕四种工程措施与空白作对比,利用数学分析手段,结合生长表现,拦沙蓄水等效果来探讨不同工程措施的差异,从中选出我省花岗岩治理区最为适合的坡面工程,为水土流失治理提供依据。

1 试验地基本情况及研究方法

1.1 试验地基本情况

试验地设置于江西省西北部修水县古市镇罐窑村,属修河上游花岗岩侵蚀区,土壤类型为红壤,地理位置为东经 114°09',北纬 29°02',该区属亚热带北缘季风气候带,多年平均降雨量 1 617mm,无霜期 247d。由于自然因素和人为因素的影响,水土流失较为严重,试验区内土壤侵蚀模数平均达到 6 500t/(km²·a)。1991 年前土壤侵蚀为:表层风化壳的抗侵蚀能力相对较弱,粗骨型砂土突出,试验地上坡土壤侵蚀模数达 8 000t/(km²·a),下坡侵蚀模数相对较小,但也达到 5 000t/(km²·a)。对试验地原始土样进行分析,其结果见表 1。

表 1 试验地原始土壤肥力情况

坡位 (cm)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	水解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	CEC mel/kg	pH 值	Cv
上坡 0~15	6.11	0.32	15.14	1.18	91.04	22.85	4.8	1.29
上坡 >15	2.46	0.18	6.86	0.96	95.39	21.74	5.1	1.37
下坡 0~7	9.33	0.33	33.30	1.94	100.61	13.30	4.8	1.28
下坡 7~24	1.22	0.15	10.92	1.06	98.03	15.50	5.2	1.34
下坡 >24	1.82	0.13	1.36	1.06	97.78	14.40	5.3	1.42

根据上表,结合修水县坡地土壤肥力划分标准^[5],土壤肥力除速效钾达到 1 级标准外,有机质、速效氮、速效磷均处于全县平均水平以下,为 3~4 级水平,表层石砾含量较高,平均达到 26.89%,土壤结构紧实、酸度大、物理性粘粒含量较低。

试验区内植被类型以马尾松(*Pinus massoniana*)人工残次林为主,树高为 2.65m(*n* = 25,林龄 10~13 年),灌木主要有油茶(*Camellia oleifera*)、野蔷薇(*Rosa spp.*)、木薑木(*Loropetalum chinensis*)、菝葜(*Smilax china*);草本主要是芒(*Miscanthus sinensis*)、铁芒萁(*Dicranopteris linearis*)、碎米草(*Eragrostis spp*)、扭鞘香茅(*Cymbopogon tortilis.*),试验区内的总覆盖度为 20%。试验地面积为 38m×38m,坡度为 10°,坡向 SW50°,海拔 160m 左右。

1.2 研究方法

选择水平沟、撩壕、水平台地、反坡地 4 种工程措施和自然坡面 5 种处理为研究对象,同时栽种湿地松(*P. elliotii*)、胡枝子(*Lespedeza bicolar*)、毛花雀稗(*Paspalum dilatum*)于各试验区内,对植物生长情况、工程措施拦沙蓄水效果,土层含水量进行观测分析。4 种工程措施设计标准以修水县 10 年一遇 24h 最大暴雨标准设计,设计规格见表 2。

表 2 各工程措施设计标准

名称	规格(下宽×深×上宽)(cm)	沟距(m)	植物栽种规格
水平沟	60×70×80	2.0	湿地松穴植,株行距 1.5m×2m
撩壕	30×40×50	1.0	胡枝子穴植 0.4m×0.5m
水平台地	120×30×150	1.5	毛花雀稗条播 30cm
反坡地	斜坡长 120cm,内侧深 30cm	1.5	

试验采用 5 种处理(水平沟、撩壕、反坡地、水平台地、CK),5 次重复的拉丁方设计,小区面积为 6m×6m。

2 试验观测内容

(1)成活率和保存率。连续 3 年观测,湿地松每小区全调查,胡枝子每小区调查 30 株。

- (2)越冬(夏)率。对湿地松、胡枝子、毛花雀稗均调查。
- (3)每木检测。每年春、秋两季对株高、地径、冠幅进行逐年观测。
- (4)生物量。采用样方收获法。
- (5)枯落物。在地面设置 1m×1m 木盒,每季收获 1 次,计算年枯落物总重量。
- (6)蓄水保土效果观测。利用坡面布设钉子法测定土壤侵蚀模数,重复 3 次。
- (7)土壤理化性状分析。有机质用重铬酸法;PH 值用 2.5:1 水土比酸度计法;土壤水分用烘干法(室外用酒精燃烧法);全氮用开氏蒸馏法;碱解氮用扩散法;全磷用 NaOH 碱熔——钼锑抗比色法;速效磷用 Na₂CO₃——钼锑抗比色法,速效钾用 NaCl 浸提——火焰光度计法;CEC 用容量法;土壤容重用环刀法。

3 结果与分析

3.1 不同工程措施对植物生长的影响

3.1.1 对湿地松生长影响 从 1991~1994 年,连续 4 年观测湿地松的株高 H (cm)冠径 C (cm),4 年间生长指标列表 3,每小区测定株数 $n=9$ 。

表 3 湿地松 1991~1994 年间生长情况

重复	I			II			III			IV			V		
	H	D	C	H	D	C	H	D	C	H	D	C	H	D	C
a	95.0	4.6	85.0	110.0	5.0	96.0	128.0	3.2	80.0	135.0	4.1	95.0	134.0	3.9	84.5
b	135.0	4.6	10.80	164.0	5.2	85.0	119.0	3.4	64.0	130.0	3.9	98.0	113.0	4.0	82.0
c	130.0	4.2	97.0	120.0	4.3	102.0	153.0	4.6	75.0	140.0	4.6	97.0	131.0	4.4	97.5
d	114.0	4.3	85.0	108.0	4.9	95.0	138.0	4.6	84.0	157.0	4.2	78.5	135.0	4.9	107.5
e	92.0	3.4	79.0	120.0	3.0	79.0	108.0	3.5	77.0	117.0	3.6	91.0	112.0	3.2	81.0

注:其中 a:反坡地;b:水平台地;c:水平沟;d:撩壕;e:无工程措施区(下同)。

表 4 株高方差分析

变异因素	自由度	平方和	均方差	F 值	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
横行间	4	132.64	340.66	1.61	3.26	5.41
直行间	4	1527.04	381.76	1.80		
处理间	4	2139.44	534.86	2.53		
误差	12	2539.12	211.59			
总数	24	7568.24				

表 5 D、C 的多重比较

处理	D	D-3.24	D-4.16	
d	4.58	1.24**	0.42	
c	4.42	1.08**	0.26	
b	4.22	0.88**	0.06	
a	4.16	0.82*		5% L. S. D=0.73
e	3.34			1% L. S. D=1.02
处理	C	C-81.4		
c	93.8	12.4*		
d	90.0	8.6		
a	88.2	6.8		
b	87.4	6.0		5% L. S. D=11.37
e	81.4			1% L. S. D=15.92

对表 3 中株高 H 进行拉丁方方差分析^[6],结果如表 4。

由上表分析可知,坡面工程措施与 CK 相比,对马尾松株高生长差异不显著。

同样对地径、冠幅进行拉丁方方差分析可知,横行、直行间均无差异,处理间的差异均为显著水平。地径、冠幅两者多重比较见表 5。

从表 5 可以看出撩壕、水平沟区内湿地松地径与对照区相比呈现极显著差异,而反坡地、水平台地与空白区差异呈现显著水平,工程措施间差异不明显,处于同一水平。冠幅生长方面,仅有水平沟区湿地松冠幅与对照区呈显著差异,各工程措施间也处于同一水平。

3.1.2 对胡枝子生物量影响 胡枝子逐年刈割,对其地径、冠幅、株高人为影响较大,对试验结果分析带来不恰切,因此仅对其逐年(1991 年刈割一次,1992~1994 年每年刈割 2 次)生物鲜重累加,列表 6。

方差分析表明,处理间呈现显著差异,再对处理间进行多重比较(表 7)。

表 6 胡枝子生物量逐年累加值 单位:kg/小区

处理	I	II	III	IV	V
a	146.8	147.6	158.8	159.0	156.8
b	147.4	145.6	159.8	162.4	158.2
c	153.6	158.9	166.2	173.4	164.8
d	162.1	163.2	158.4	143.2	159.7
e	134.1	142.6	138.7	143.5	141.0

表 7 胡枝子生物量多重比较

处理	X	X-140.04	X-153.2	X-154.33	X-157.32
c	163.18	13.94 *	10.96	9.85	5.85
d	157.32	8.08	5.10	3.97	
b	154.33	5.09	2.09		
a	153.20	2.98			
e	149.24				

5% S. L. D=11.07,1% S. L. D=15.54。

从多重比较分析表可以看出,水平沟种植区与对照区差异显著,各工程措施间差异不显著。

对胡枝子的成活率、保存率调查,成活率达到 93.5%以上;以水平沟内最大,保存率达 90%,各处理之间差异不显著。

3.1.3 对毛花雀稗的影响 毛花雀稗是一年生草本植物,喜温暖湿润气候,有较强的耐旱性,对土壤适应性很广,以肥沃而湿润的土壤生长较好。从本课题草本优选试验来看,毛花雀稗在花岗岩侵蚀区生长表现一般,缺水缺肥是花岗岩侵蚀区植物生长的障碍性因子。1991 年秋季,对植于工程措施外的毛花雀稗生物鲜重调查,a 区生物量平均为 7.34t/hm²,b 区为 7.11t/hm²,c 区 7.04t/hm²,d 区为 6.94t/hm²,e 区仅为 6.89t/hm²,低于设置工程措施各区,方差分析没有显著差异。但对工程措施内的毛花雀稗生长情况调查,水平台地(b)平均株高可达 94±7.5cm(n=25),反坡地(a)平均株高为 102±9.7cm(n=25),株高比沟外平均高 60cm 以上,且分蘖数比沟外多 5~8 支。水平沟(c)、撩壕(d)因沟较深易渍水,雀稗难以成活。从毛花雀稗生长状态来看,浅根型植物于工程措施外坡,工程措施对其影响不大,而植于沟内,可满足植物水分需求。

3.2 不同坡面工程对土壤水分的影响

花岗岩侵蚀区土壤水分的丰缺是植物生长表现好坏的重要因素。植物生长初期,其根系分

布主要集结于 0~30cm 之间。本研究以 0~60cm 作为土壤水分含量测定深度,取样地点于每个工程外坡 0.5m 处,时间于 1992 年夏秋季,并在连续 5 日内无降雨时进行,方法是利用土钻分层取样,选择 1992 年测定土壤水分主要考虑到各区植物生长状况相近,根系对土壤水分的吸收构成差异很小。对 5 种处理,5 种重复 0~20cm,20~60cm 土壤水分含量测定见表 8。

表 8 各处理及各重复土壤水分含量(%)

重复	土层	a	b	c	d	e
I	0~20cm	14.3	14.8	16.7	16.3	14.0
	20~60cm	15.5	15.2	18.2	18.0	15.4
II	0~20cm	15.0	16.3	18.5	17.7	14.1
	20~60cm	15.8	16.8	20.5	19.8	14.9
III	0~20cm	13.4	17.2	18.2	17.5	13.0
	20~60cm	14.9	18.5	21.2	19.1	14.4
平	0~20cm	14.2	16.1	17.8	18.6	13.7
	20~60cm	15.4	17.2	20.0	19.0	14.9

从上表可见,土壤含水量有随着土层深度增加而增加的趋势。由地表向下,每增加 40cm,土壤含水量增加情况如下:水平沟(c)增加 2.2 个百分点,水平台地(b)增加 0.9 个百分点,撩壕(d)增加 0.4 个百分点,反坡地(a)仅增加 0.2 个百分点,空白区(e)增加 1.2 个百分点。各工程措施中,以水平沟土壤含水量增加百分点最大。

对各种处理的同一层次土壤含水量进行方差分析,再进行多重比较,其结果见表 9。

表 9 0~20cm、20~60cm 土壤含水量多重比较表

处理		X	X-13.7	X-14.2	X-16.2	X-17.2
0~20cm	c	17.8	4.1**	2.6**	1.7*	0.6
	d	17.2	3.5**	2.0*	1.1	
	b	16.1	2.4*	0.9		
	a	4.2	0.5			5% L.S.D=1.46
	e	13.7				1% L.S.D=2.12
处理		X	X-14.9	X-15.4	X-17.2	X-19.0
20~60mm	c	20.0	5.1**	4.6**	2.4*	1.0
	d	19.0	4.1**	3.6**	1.4	
	b	17.2	2.3*	2.2		
	a	15.4	0.5			5% L.S.D=2.29
	e	14.9				1% L.S.D=3.47

由多重比较表可以看出,实施工程措施与不采取工程措施土壤含水量之间有差异。0~60cm 土层内,水平沟(c)、撩壕(d)与未采取工程措施(e)之间的土壤含水量差异极显著,因为这两种坡面工程水分入渗较深,水平台地(b)与空白区(e)相比,其土壤含水量差异显著,反坡地(a)内,0~20cm 土层含水量与(e)相比有显著差异,而 20~60cm 内无显著差异。差异不明显的原因主要是取样选在梯地外侧,而反坡地主要功效能使水分沿坡度方向逆向分布,测量其内侧土壤含水量,相对高于其外侧土壤含水量。工程措施之间相互比较,水平沟区土壤含水量虽高于撩壕区土壤含水量,但两者处于同一水平。反坡地区与水平台地区也处于同一水平,但前两者与后两者相比,呈现极显著差异或显著差异。水平沟区与水平台地 0~60cm 土层含水量相比,呈现显著差异。从坡面工程对土壤含水量的影响来看,实施本试验规格的水平沟、撩壕效果较好。

3.3 工程措施蓄水保土效果分析

1992~1994 年 3 年内,对各试验处理的土壤侵蚀量调查结果见表 10。

表 10 各种工程措施与 CK 土壤侵蚀量对比

	a(反坡地)	b(水平台地)	c(水平沟)	d(撩壕)	e(CK)
1992~1994 年 年均降雨量(mm)	1648.4	1648.4	1648.4	1648.4	1648.4
年均土壤侵蚀 模数[t/(km ² ·a)]	1640.0	1570	1430	1600	4850
与 CK 相比(%)	33.8	32.4	29.4	33.0	100

由上表可知,e 区由于采用植物措施,3 年平均侵蚀模数为 4 580t/(km²·a),由试验前的强度流失降为中度流失类型,而坡面工程均降至于轻度流失区,与 e 区相比,土壤流失量 a 区减少了 66.2%,b 区减少了 67.6%,c 区减少了 70.6%,d 区减少了 67.0%,拦沙效果以 c 区最佳。对 1992~1993 年几次典型降雨(降雨量大于 50mm)时各工程措施蓄水情况观察表明,水平沟内蓄水量最大,其次为撩壕,水平台地最小。综合而言,从坡面工程的蓄水保土效果来看,以水平沟区为最佳,其次为撩壕,再次是水平沟台地和反坡地。

4 小 结

通过对花岗岩侵蚀区坡面工程措施的研究,结果表明:

(1)坡面工程对植物生长构成影响。在供试的水平沟、撩壕、反坡地、水平台地四种措施中,对乔、灌、草影响较为明显的是水平沟,其次是撩壕,再次是水平台地和反坡地。

(2)通过坡面工程区 0~60cm 土壤水分含量的研究,结果是水平沟>撩壕>水平台地>反坡地>对照区。说明水平沟、撩壕对增加水分入渗,保持土壤水分作用较为显著。

(3)不同工程措施其拦沙蓄水效果不同,相比于未采取工程措施区,其功效作用从大到小是水平沟、撩壕、水平台地、反坡地。

(4)通过采用本试验规格的工程措施的研究来看,在花岗岩水土流失区采用水平沟为主的坡面工程,无论对提高土壤水分含量,拦沙蓄水效果,还是对地上植物生长影响方面,均比其它坡面工程更好,建议在同类地区推广此项工程措施。

作者简介 姚毅臣,男,1967 年生,工程师,1990 年毕业于江西农业大学农学系土化专业,现在江西省水土保持科学研究所从事科研工作,参加了 5 项省(部)级科研课题,发表论文 4 篇。