

# 生物梯化的水土保持措施效应研究

陈旭晖 周长华 周丕东

(贵州省农科院土肥所 贵阳 550006)

**摘 要** 贵州是一个亚热带山区省份,73%的土地在喀斯特地区范围内,生态系统脆弱,水土流失严重。为保护土壤资源,于1991~1994年开展了本项试验研究。研究结果表明,在17~23°的坡地上,裸地处理年径流量和土壤侵蚀量分别达3 778~5 503m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>和11 941t/km<sup>2</sup>,传统种植法土壤侵蚀量达5 779~9 545t/(km<sup>2</sup>·a),随水土流失所带走的养分(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O)达947~1 616kg/(hm<sup>2</sup>·a)。特别是条带种植法(生物梯化)保护水土资源的显著效果,在栅篱作物种植以后,条带种植处理与传统种植法相比较,1991~1994年其土壤侵蚀量分别减少19.3%、82.2%、77.9%与100.0%,是一项经济有效有发展前景的水土保持增产措施。

**关键词** 土壤 水土保持 持续农业

## Research on Measures of Soil and Water Conservation in Guizhou

Chen Xuhui Zhou Changhua Zhou Pidong

(Guizhou Academy of Agricultural Sciences Guiyang 550006)

**Abstract** Guizhou is a subtropical mountainous province, and approximately 73 per cent of which are karst areas. The ecosystem in these areas is very fragile and the soil and water losses are extremely severe. In order to protect soil resource, the research was conducted in 1991~1994. The result indicated that, on the sloping upland with gradient of 30%~40%, the runoff of bare land reached 3 778~5 503m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> and the soil loss reached 11 941t/km<sup>2</sup>. For farmers' practice, the soil loss was 5 779~9 545t/(km<sup>2</sup>·a) and the lost nutrients (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) in soil and water reached 947~1 616kg/hm<sup>2</sup>·a. Especially, the treatment of alley cropping was conspicuous for its striking effect on the protection of soil and water resources. After the hedgerow strips were set up, the soil erosion from alley cropping was decreased to 19.3%, 82.2%, 77.9% and 100% respectively compared with farmers' practice in 1991~1994.

**Key words** soil soil and water conservation sustainable agriculture

贵州是中国南方水土流失方面有代表性的地区。它位于云贵高原东部,介于北纬24°37'~29°13',东经103°36'~109°35'之间,平均海拔高度均1 000m。全省总土地面积17.61万km<sup>2</sup>,其

收稿日期:1998-03-10

注:本研究系国际合作项目,曾得到加拿大国际发展研究中心、国际土壤研究管理理事会和瑞士发展合作组织赞助。

中97%为山地与丘陵。近些年,由于忽视了森林资源的保护,滥垦滥伐,导致了水土流失的加剧,全省土壤侵蚀面积由50年代的2500km<sup>2</sup>,占全省土地面积的14.2%,增加到1994年的76700km<sup>2</sup>,占全省土地面积的43.6%,严重影响了全省生态系统的平衡和持续农业的发展。为了防止土壤侵蚀的加剧和土地的退化,在加拿大国际发展研究中心、国际土壤研究管理理事会和瑞士发展合作组织的赞助下,于1991~1994年在贵州省开展了本研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区地理位置及特征

试验区位于贵州省罗甸县境,共设新老试验基点两处。

老基点:位于三岔河东南侧的山坡上,坡向朝西北,坡度17~23°,海拔约600m,土壤属红壤,按美国农业部土壤分类系统为薄层湿润老成土。

新基点:位于三岔河西侧山坡上,坡向朝东南,坡度约21°,海拔约630m,土壤属红壤、红壤性土,按美国农业部土壤分类系统为薄层湿润老成土与薄层湿润淋溶土。

### 1.2 试验设计

(1)试验采用随机区组设计,老基点设2次重复,小区面积为6m×15m和10m×20m;新基点不设重复,小区面积16m×25m。各小区下端均设径流池一个,以测定地表径流和土壤侵蚀量。

(2)老基点的4个处理分别为:

T<sub>1</sub> 条带种植(生物梯化) 采用梯化树(短萼灰毛豆)与多变小冠花为栅篱植物。

T<sub>2</sub> 裸地 不种任何作物。

T<sub>3</sub> 传统种植法 按农民传统方法种植,无水保措施。

T<sub>4</sub> 林粮间作 树种为直干桉。

(3)新基点的4个处理为:

T<sub>1</sub> 截流沟种植法 拦水埂内侧种植芭蕉、砂仁等经济作物。

T<sub>2</sub> 传统种植法

T<sub>3</sub> 条带种植(生物梯化)

T<sub>4</sub> 裸地

(4)新老基点所种植的作物均为玉米间作大豆,并在冬季种植绿肥(箭舌豌豆)。通常玉米于每年的4~5月播种,8~9月收获。

## 2 结果与讨论

### 2.1 降水季节径流与土壤侵蚀

据气象资料统计,罗甸县历年平均降水为1176.8mm,其中,5~8月多暴雨,降水量为803.5mm,占年平均降水量的68.3%。但是,年度间降水变异很大,在试验期间,1992年雨季来临早,降水集中于4~7月,其雨量达822.9mm;1993年雨季发生在5~9月,这5个月的降水量达1171.6mm;1994年的降水则集中在5~7月和9~10月,这5个月共降水743.5mm。

在无植被覆盖的情况下,坡地地表径流和土壤侵蚀的大小,通常受制于降水强度和降雨量的多少。但是,在种植作物和被植被覆盖后,侵蚀还明显地受植被覆盖度和地表状态所制约,当年7月份降水量389.3mm,为5月份降水量的2.79倍,然而地表径流和土壤侵蚀量仅分别为5月份的12.4%和15.5%。其原因是7月份田间玉米已拔节封垅,郁闭度达0.9以上,明显减少了降水对地面的打击与冲刷。

### 2.2 不同处理的径流和土壤侵蚀量

在各不同处理中,以裸地的径流和土壤侵蚀量最大,在老基点和新基点其最大年土壤侵蚀量分别达到 11 941t/km<sup>2</sup> 和 34 212t/km<sup>2</sup>。新老基点林粮间作处理,在 1994 年水土流失量均较传统种植减少,但自第 2 年以后,随着直干桉的旺盛生长,郁闭度大,粮食作物已无法种植,林下无地被物,其径流量明显增加,所以第 3 年以后,又将一个直干桉纯林改为直干桉—紫穗槐乔灌混交林。传统种植法的土壤侵蚀也很大,1993 年在老基点和新基点曾分别达到 9 545t/km<sup>2</sup> 和 11 224t/km<sup>2</sup>。新基点的截流沟处理,其径流和土壤侵蚀量较传统种植法明显减少。

各处理中,唯有条带种植愈来愈显示出其良好的水土保持效果。在老基点与传统种植法相比较,1991 年条带种植的土壤侵蚀量减少 19.3%,此后,随着栅篱作物带的迅速形成,1992、1993 与 1994 年其土壤侵蚀量分别较传统种植法减少 82.21%、77.09%与 100.0%。

### 2.3 不同措施对养分流失的影响

表 1 不同处理的养分流失量 (kg/hm<sup>2</sup>)

年度	项目	老 基 点				新 基 点			
		条带种植	裸地	传统种植	林粮间作	截流沟	传统种植	条带种植	裸地
1992	N	29.98	80.58	141.65	107.26	4.82	13.59	2.70	153.64
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	16.58	33.17	88.42	34.98	1.41	3.89	0.82	56.05
	K <sub>2</sub> O	148.13	257.47	839.67	431.17	19.45	80.48	11.10	727.35
1993	N	43.83	152.62	163.68	195.21	158.69	333.35	121.50	652.73
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24.24	62.33	102.44	63.34	43.02	93.36	39.47	233.35
	K <sub>2</sub> O	216.59	670.53	680.98	781.75	562.98	1189.78	425.85	2997.78
1994	N	0.05	26.20	0.62	1.68	9.27	7.80	2.92	210.01
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	21.63	0.42	0.83	2.41	1.65	0.00	71.12
	K <sub>2</sub> O	0.09	168.80	0.42	10.75	90.43	43.57	6.88	942.24

从表 1 可知,不同处理中氮磷钾养分流失量最多的是裸地处理。条带种植由于显著减少了水土流失量,相应地养分流失量也最少。农民传统种植法在多雨年份(1993 年)的氮磷钾养分流失量多达 749.1~1 616.49kg/hm<sup>2</sup>,多于周期所施肥料养分总量的 3~4 倍,如不采取有效措施,势必导致土壤肥力的下降。

与裸地处理相比较,两基点各处理平均养分流失量减少的数量按 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 计算,条带种植处理分别为 72%~87%、65%~88%和 70%~91%,传统种植法分别为 0~65%、0~73%和 0~72%,截流沟种植法分别为 83%、87%和 86%。

### 2.4 不同处理土壤养分含量的变化

通过连续 4 年测定的结果(表 2),可以看出,不同处理的土壤酸碱度,全氮和速效钾含量无明显的变化。

表 2 不同处理土壤养分含量的变化 (1991—1994)

	年 度	pH	土壤有机质 (%)	全 氮 (%)	速效磷 ×10 <sup>-6</sup>	速效钾 ×10 <sup>-6</sup>
条带种植	1991	5.3	1.41	0.16	2.6	51.2
	1992		1.70	0.11	2.5	69.0
	1993	5.5	1.68	0.12	6.2	57.8
	1994	5.2	2.17	0.15	15.3	74.2
传统种植法	1991	5.4	1.32	0.15	2.5	40.9
	1992		1.49	0.11	4.4	52.7
	1993	5.3	1.53	0.12	3.9	44.8
	1994	5.5	1.86	0.12	7.2	62.6
林粮间作	1991	5.5	1.59	0.16	2.3	53.8
	1992		1.59	0.11	2.6	52.6
	1993	5.3	1.50	0.12	1.5	47.4
	1994	5.2	1.78	0.12	1.9	43.3
裸 地	1991	5.5	1.79	0.14	3.7	57.3
	1992		1.65	0.10	5.7	57.8
	1993	5.3	1.55	0.12	3.6	64.0
	1994	5.3	2.20	0.10	2.7	88.1

条带种植与传统种植法由于每年施用有机肥料和种植绿肥,其土壤有机质含量逐年有所增加,尤其条带种植处理增长幅度更大。在各不同处理中,还可看出土壤有效磷含量变化的明显差异,裸地与林地处理的有效磷含量逐年减少,条带种植处理的土壤有效磷含量明显地逐年增加。

## 2.5 不同处理的土壤水分含量

为了解不同水土保持措施对土壤水分含量的影响,曾连续3年,每半个月一次测定各不同处理0~100cm深度(每10cm一层)的土壤湿度。

测定结果表明,在1991~1993年,绝大多数情况下,条带种植的土壤水分含量都最高。林粮间作处理,自第2年成为直干桉纯林以后,由于桉树根系对土壤水分的强度吸收,土壤水分含量最低。裸地处理由于强烈的水土流失,土壤水分含量也很低。

## 2.6 不同水土保持措施对作物产量和经济效益的影响

与不同措施对土壤水分和养分含量的明显影响趋势相一致,不同处理的农作物生长发育和产量也有显著的差异(表3)。

表3 不同处理对玉米生长和产量的影响

地 点	年 度	处 理	播种期	成熟期	产 量 (t/hm <sup>2</sup> )	秸 秆 (t/hm <sup>2</sup> )
老基点	1991	条带种植	05-05	08-28	3.69	2.58
		传统种植	05-05	08-26	3.52	2.46
		林粮间作	05-05	08-23	1.12	1.49
	1992	条带种植	05-09	08-28	2.93	3.74
		传统种植	05-09	08-28	2.92	4.10
	1993	条带种植	05-23	09-03	5.83	3.88
		传统种植	05-23	09-02	5.07	4.73
	1994	条带种植	04-06	08-12	4.07	3.24
		传统种植	04-06	08-12	3.85	3.69
	1992	截流沟	05-15	08-30	1.33	
		传统种植	05-15	08-30	1.33	
		条带种植	05-15	08-30	1.73	
新基点	1993	截流沟	05-24	09-02	2.10	3.16
		传统种植	05-24	09-01	3.05	5.79
		条带种植	05-24	09-01	2.84	4.64
	1994	截流沟	04-07	08-16	2.52	1.96
		传统种植	04-07	08-16	4.01	4.05
		条带种植	04-07	08-16	3.85	3.79

从表3看出,不同水土保持措施中,条带种植处理虽然种植栅篱作物占去了15%左右的土地面积,但由于减少了水土流失,田间土壤水分和养分含量增加,连续4年玉米产量都和传统种植法大体相同。在新基点的截流沟种植法,由于挖沟筑埂,使农作物实际种植面积减少25%以上,玉米产量显著少于传统种植法。

为了解不同措施的经济效益,计算了不同处理的投入和产出情况。在老基点1993年和1994年条带种植处理的产投比分别为2.45:1与1.6:1。

林粮间作处理,在试验设置的第1年(1991年)得到的是负效益,以后随着林产品(桉树叶)收入的增加,其收益也逐年增加。

截流沟处理,在试验设置之初得到的是负效益,在两年以后由于芭蕉的收入得了较高的收益。

### 3 结 论

通过在坡地连续4年的试验研究,可以看出:

(1)20°左右的山坡;在森林砍伐后所形成的裸地上,其水土流失是极为严重的,多雨年份的土壤侵蚀量高达11 941t/(km<sup>2</sup>·a)以上。

(2)在坡地采用农民传统种植法的水土流失,也十分严重,其最高土壤侵蚀量约10 000t/(km<sup>2</sup>·a),所流失的氮磷钾养分多达947.1kg/(hm<sup>2</sup>·a),约相当于同期所施肥料养分总量的4倍。

(3)条带种植(生物梯化),它包括由灌木或多年生草本植物沿等高线种植形成的栅篱植物带,它能明显地减轻地表径流的侵蚀力,利于保护坡地土壤水分和养分资源,促进作物生长发育,提高作物产量。因此,是一项费省效宏有发展前景的坡地水土保持和持续农业管理技术措施。

(4)林粮间作能减少土壤侵蚀,还可由桉树叶提取桉油增加收益,也是一项有发展希望的水土保持措施。

(5)试验初步表明,截流沟种植法能明显减少水土流失,但农作物产量低。

**致谢:**本试验承廖昌礼研究员指导,唐华彬、孙秋、陈正刚同志曾协助本项研究,在此一并致谢。

**作者简介** 陈旭晖,男,1938年生,现任贵州省农科院土壤肥料研究所所长,研究员。兼任贵州省土壤学会副理事长,中国植物营养与肥科学会理事,受聘于中科院贵州省地球化学研究所,任博士研究生导师。1984年至今先后主持过重点科研多项,并多次获奖。

(上接第130页)

### 6 其它相关的标准化问题

除了上述边坡影响及校正方法外,相关的标准化问题还有,设备的规范与统一;各种观测方法精度的提高,误差的分析与消除及新方法的研究;资料处理标准化;结果外推应用及注意问题的明确细化等。一旦这些问题逐一获得解决,模拟实验方法便开始走向成熟,其作用才会逐渐突出,并真正构成土壤侵蚀研究的重要支撑技术。

#### 参考文献

- 1 雷阿林,唐克丽.土壤侵蚀模型试验的原型选定问题.水土保持学报,1995,9(3):60~65
- 2 [美]R.拉尔著.黄河水利委员会宣传出版中心译.土壤侵蚀研究方法,北京:科学出版社,1991
- 3 雷阿林,唐克丽.土壤侵蚀模型试验中的降雨相似及其实现.科学通报,1995,40(21):2004~2006
- 4 Moldenhauer, W, C, 1965, Procedure for studying soil characteristics using disturbed samples and simulated rainfall. Transactions, American Society of Agricultural Engineer, 8(1): 74~75
- 5 陈浩.关于人工降雨模拟实验的相似性问题.地貌实验与模拟,北京:地质出版社,1995:270~274
- 6 雷阿林,史衍唐,唐克丽.土壤侵蚀模型试验中的土壤相似性问题.科学通报,1996,41(19):1801~1804
- 7 蒋定生,周清,范兴科.小流域水沙调控正态整体模拟实验.水土保持学报,1994,8(2):23~30

**作者简介** 雷阿林,男,博士,高级工程师,现为水利部、国家环保局长江流域水资源保护局规划设计处副处长。