

等高固氮植物篱控制坡耕地地表径流的效果

孙辉^{1,2}, 唐亚¹, 陈克明¹, 张炎周¹

(1. 中国科学院 成都生物研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院 南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘要: 在金沙江干旱河谷坡耕地上进行等高固氮植物篱试验结果表明, 种植植物篱后, 坡耕地上不论是单次降雨产生的径流还是累积地表径流量均显著降低, 幅度为 26%~60%。同时, 植物篱对控制暴雨产生的地表径流尤其有效, 这对防治山区坡耕地由于暴雨产生水土流失很有意义。坡耕地径流的季节分布表明, 在干旱河谷区, 坡耕地径流主要产生于雨季中后期, 与土壤侵蚀主要发生在雨季前期有所不同。

关键词: 等高固氮植物篱; 坡耕地; 地表径流; 水土保持

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)02-0048-04

中图分类号: S157.2 S157.433

Effects of Contour Hedgerow Intercropping on Surface Flow Control of Sloping Cropland

SUN Hui^{1,2}, TANG Ya¹, CHEN Ke-ming¹, ZHANG Yan-zhou¹

(1. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, PRC;

2. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, PRC)

Abstract: A long-term experiments was carried out in Tanguanyao and Masangping site in dry valley of Jinsha river with a climate of more than 90% of its rainfall in monsoon from May to Oct since 1991. The long-term experiments involved five treatments with three replicates (CK; control, conventional slope tillage, T₂ and T₃; *Leucaena leucocephala* hedgerow with or without fertiliser; T₄; *Tephrosia candida* hedgerow with fertilizer, and T₅; mulberry trees within *Leucaena* hedgerows with fertiliser). The pruning of contour hedgerow of *Leucaena* and *Tephrosia* were used as mulch. The crops were the same in the same site. The results showed that contour hedgerow intercropping could reduce runoff of sloping cropland significantly. Compared with the control, contour hedgerow intercropping decreased runoff by 26%~60%. Regression analysis showed that linear dependence exists between events runoff under contour hedgerow and that of CK. The data of events runoff indicated that surface flow of sloping cropland mainly occurred in the metaphase and anaphase of monsoon.

Keywords: contour N₂-fixing hedgerow; sloping cropland; surface flow; runoff control

坡地是山区最主要的土地资源。我国现有坡耕地 4.35×10⁷ hm², 占耕地总面积的 43.8%。在长江上游形势更为严峻, 现有坡耕地 5.49×10⁶ hm², 占耕地总面积 62.75%, 其中四川省、云南省、贵州省 25° 以上坡耕地分别为其耕地总面积的 19.90%, 43% 和 28.6%^[1]。在本研究地区的四川省宁南县, 大于 5° 的坡耕地占耕地总面积的 77.4%, 其中大于 15° 的坡耕地占 44.8%。随着人口和经济发展压力逐年增加, 坡耕地利用强度越来越大, 水土流失及土壤退化也愈加严重。在长江上游地区, 水土流失面积为 1.52×10⁵ km², 占幅员 46.56%, 主要泥沙来源为坡耕地, 坡耕地土壤侵蚀量约占总侵蚀量的 60%^[2]。由于缺乏必要资金实施工程水土保持工程措施和修建完善的排灌设施, 大多数坡耕地的耕作仍然属于雨养农

业, 保持水土能力弱, 水土流失严重, 致使大面积土层减薄、养分退化, 同时也给下游地区造成泥沙淤积和洪涝灾害。

坡改梯作为防治水土流失的首选技术历来得到政府的支持和推广, 而其它水土保持措施的研究和应用未引起应有的重视。但是坡改梯也存在投资大、梯埂容易坍塌等不足之处。已有的一些研究表明, 在坡耕地上应用等高植物篱可以很好地改善土壤水分参数, 防治水土流失^[3-7], 对山区持续发展有重要的意义。我国在这方面的工作起步较晚, 中国科学院成都生物研究所在地处金沙江干热河谷区的四川省宁南县对固氮等高植物篱在山区持续发展方面的应用进行了系统研究^[8-10]。我们结合山区实际情况, 植物篱全部采用豆科固氮树种, 以便植物篱在保持水土的

收稿日期: 2001-01-09

资助项目: 国际山地中心(ICIMOD)ATSCFS 项目(1991-2001); 四川省青年科技基金和中科院成都地奥科学基金资助

作者简介: 孙辉(1971-), 男(汉族), 四川南充人, 博士研究生。主要从事土壤资源持续利用与复合农林方面的研究, 发表论文 7 篇。

电话(028)5229223, E-mail: sunhui@mail.cib.ac.cn

同时,还可以提供大量优质绿肥或饲料,并促进坡耕地在保持水土和培肥土壤的同时进行多种经营。这项技术已在当地和邻近山区县进行了大面积示范推广^[11]。

1 实验材料与方法

坛罐窑实验点地处金沙江干旱河谷气候区,1991年建立,位于披砂镇下村,年降雨量 910 mm,91% 分布于 5—10 月的雨季,年均蒸发量 2 263 mm。旱季雨季明显,马桑坪实验点年降雨量 660~1 140 mm,平均 915 mm,5—10 月的雨季降雨量占全年的 87.9%。海拔 1 400~1 485 m,坡向西南,坡度 15~380;土壤为褐红壤,建点时表土有机质 11.1 g/kg,全氮 0.53 g/kg。1994 年在实验区建立了面积为 12 hm² 的等高固氮植物篱示范园,植物篱树种主要为新银合欢(*Leucaena leucocephala*)。植物篱为双行,宽度 50 cm,植物篱之间为作物种植带,间距 4~6 m。这 2 个实验点各设 15 个 5 m×20 m 的标准径流小区,为 5 个处理 3 次重复:(1) CK:为对照小区,顺坡耕作,施肥;(2) T₂:新银合欢双行植物篱+农作物,不施肥;T₃:新银合欢双行植物篱+农作物,施肥;T₄:山毛豆双行植物篱+农作物,施肥;T₅:新银合欢双行植物篱+农作物+桑树,施肥。

除 CK 外,每个实验小区都分别建有规格完全一致的 5 带双行等高植物篱和 5 个与之相间作物带,双行固氮植物篱的行距为 40 cm,株距为 5 cm,相邻两带植物篱的间距为 4 m。实验小区之间用水泥墙隔开以免相互干扰。当固氮植物篱长到 1 m 左右就刈割,控制在 0.3~0.5 m 高,刈割枝叶作为绿肥施于作物种植带。

每个径流小区均建有 1 m³ 径流收集池,降雨产生的径流量汇入径流收集池,每次在记录降雨产生的径流量后和搅匀取水样后,即洗净径流池,以便收集下次降雨的径流。累计每次降雨产生的径流量和小区面积,计算坡耕地单位面积的地表径流。

2 实验结果与讨论

2.1 不同处理下坡耕地的地表径流量

坛罐窑和马桑坪两个实验点坡耕地不同处理下地表径流量列于表 1。从表中可发现,2 个实验点所有植物篱处理中坡耕地径流量与 CK 存在显著差异。在坛罐窑实验点,植物篱各处理之间基本上无显著差异;而在马桑坪小区,植物篱模式中 T₃ 控制径流的效果最好,T₄ 效果最差,T₂ 和 T₅ 介于二者之间,山毛豆植物篱(T₃)调节地表径流效果稍差是由于山毛豆

生长状况不及新银合欢。坛罐窑植物篱处理下径流量为 CK 的 26%~47%,马桑坪植物篱模式下径流量为 CK 的 31%~60%。

表 1 不同处理的地表径流量 m³/hm²

地点	年份	降雨/mm	CK	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
坛罐窑	1997	990	298.1 a	122.4 b	139.7 b	130.2 b	128.1 b
	1998	1 102	585.8 a	242.2 b	229.4 b	203.0 b	203.3 b
	1999	1 197	303.4 a	102.6 b	79.4 c	108.2 b	102.0 b
马桑坪	1997	898	370.8 a	149.9 c	146.5 c	221.1 b	138.4 c
	1998	792	647.8 a	203.6 c	222.6 c	302.2 b	211.1 c
	1999	1 135	568.9 a	221.6 c	207.2 c	282.2 b	224.0 c

注:同一行的平均值后的字母若有相同则差异不显著(Duncan 检验,α=0.05 水平)。

2.2 坡耕地不同处理对单次降雨径流量的影响

表 2 是 1999 年马桑坪实验点各处理的单次降雨产生的径流量,可发现 CK 产生的径流量越大,植物篱模式减流效果越好。

表 2 1999 年不同处理下的平均径流量 dm³/100 m²

日期	降雨/mm	CK	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
-0728	33.0	67.95	24.33	20.80	27.43	18.87
-0701	22.1	113.87	40.67	38.83	48.67	46.73
-0708	23.5	116.60	45.57	42.23	51.93	63.10
-0715	37.1	437.33	104.37	126.13	246.30	148.47
-0721	30.2	80.60	45.57	42.30	51.93	43.53
-0815	42.9	459.80	104.37	126.13	246.30	148.47
-0825	7.3	108.77	42.30	55.30	65.00	53.30
-0828	6.5	52.55	19.43	24.10	27.43	22.10
-0829	12.7	72.88	22.70	25.73	35.60	25.43
-0901	16.8	80.87	25.97	19.17	29.07	23.77
-0902	11.8	143.45	37.40	35.50	62.71	36.80
-0903	24.3	504.90	295.47	261.00	352.47	303.20
-0912	27.8	335.88	128.87	102.93	143.40	114.13
-0922	12.5	85.27	21.07	27.43	30.70	17.20
-0928	46.9	561.30	275.87	250.87	308.37	262.17
-1003	9.0	66.32	32.50	24.10	32.33	22.13
-1006	9.3	58.60	27.60	24.13	30.70	25.40
-1007	6.1	86.77	35.77	34.00	35.60	33.63
-1008	7.7	105.45	42.30	40.60	40.50	33.63
-1011	17.7	373.15	148.47	126.10	164.63	127.30
-1012	12.7	80.32	32.50	24.13	32.33	20.50
-1015	55.6	575.18	251.37	231.37	270.80	240.80
-1016	42.5	792.85	266.07	234.80	310.00	255.57

植物篱调节地表径流的作用在高强度降雨时尤为明显。因为暴雨产流时间短,径流量大,流速大,若坡面无任何保护措施,则降雨很快就发生坡面汇流,入渗时间短。在等高植物篱的拦截和刈割枝叶的覆盖下,致密的植物篱对坡面流的层层拦截和分散,防

止进一步汇流,坡面汇流难以形成或被分散,流速减小,渗透时间大大延长,同时覆盖防止了暴雨直接冲击表土形成土壤结皮阻碍水分入渗,从而增加了坡耕地的渗透量,这对降低坡耕地土壤侵蚀很有效,因为坡耕地土壤侵蚀通常发生在高强度降雨条件下。植物篱根系可深达 1.5 m 以上,死亡根系形成水分渗透通道(根孔),水分经植物篱及覆盖枝叶拦截后,沿植物篱根系迅速下渗。

坡面径流的影响因素很多,还包括降雨量、雨强、土壤湿度、土壤表面糙度、以及覆盖度和耕作措施等,在这些因素基本相同的条件下,植物篱对减少坡耕地径流具有显著效果。

2.3 地表径流的时间分布

干旱河谷区降雨主要集中于 5—10 月的雨季。图 1, 2 是不同处理下坡耕地径流的时间分布,这 2 个实验点径流量在雨季初期(5—6 月)很低,主要集中于雨季中后期(7—9 月),在马桑坪,雨季末期(10 月)的径流量也较大。因为在雨季初期,土壤干燥,水分入渗高,而雨季中后期,表层土壤水分基本饱和,土壤也较板结,水分入渗减少,因而径流量较大,这与当地坡耕地土壤侵蚀主要分布在雨季中期,而在雨季后期和末期土壤侵蚀较低有所不同^[10]。

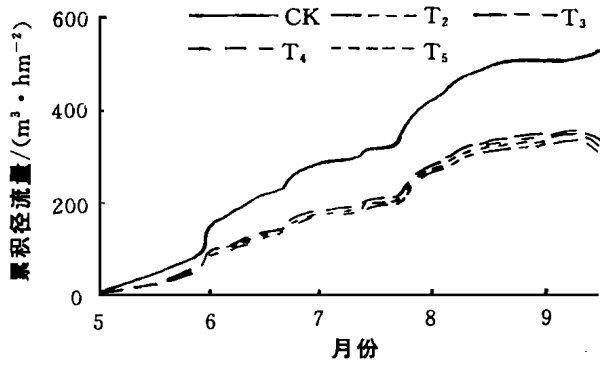


图 1 1999 年坛罐窑不同处理下坡耕地径流的时间分布

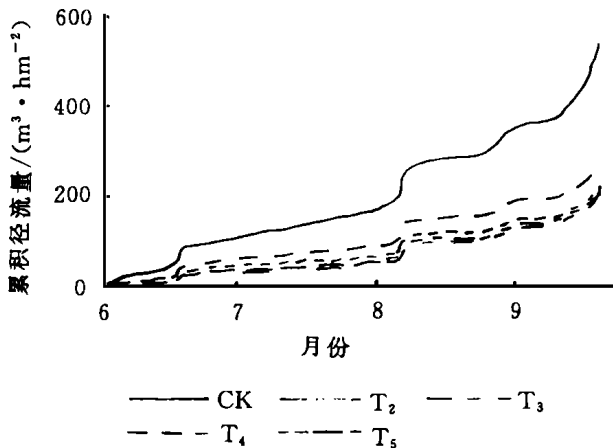


图 2 1999 年马桑坪不同处理下坡耕地径流的时间分布

2.4 不同处理下坡耕地径流的相关性

各植物篱处理下坡耕地径流量与 CK 径流量呈显著线性相关,表 3 是不同植物篱模式下 2 个实验点各处理与 CK 单次降雨产生的径流量拟合方程。根据这些拟合方程,可根据该环境条件中传统耕种模式径流量预测不同植物篱模式的减流效果。坛罐窑各处理的回归曲线斜率小于 0.6,马桑坪各处理回归曲线斜率均小于 0.5,这也表明植物篱模式对 CK 模式下径流量越大的降雨调节效果越明显。

表 3 各处理径流量 y_i 与 CK 径流量 x 的相关性 m^3/hm^2

地点处理	拟合方程	相关系数 R^2
坛罐窑实验点	T ₂ $y_1 = 0.5250x + 0.1893$	0.9401
	T ₃ $y_2 = 0.5823x + 0.1473$	0.9471
	T ₄ $y_3 = 0.5243x + 0.2600$	0.9431
	T ₅ $y_4 = 0.5119x + 0.2581$	0.9453
马桑坪实验点	T ₂ $y_1 = 0.3886x + 0.1905$	0.8769
	T ₃ $y_2 = 0.3566x + 1.4377$	0.9101
	T ₄ $y_3 = 0.4919x + 0.7789$	0.9331
	T ₅ $y_4 = 0.3927x + 0.1887$	0.9057

3 结 论

综上所述,坡耕地应用等高固氮植物篱可以显著减少坡耕地的地表径流,不论是单次降雨产生的径流还是累积地表径流量的效果都相似。植物篱对控制暴雨产生的地表径流尤其有效,这对防治暴雨对坡耕地产生的严重土壤侵蚀十分重要。坡耕地径流的季节分布表明,在干旱河谷区,坡耕地径流主要产生于雨季中后期,与土壤侵蚀主要发生在雨季前期有所不同。在其它影响坡面径流的因素相同的条件下,植物篱处理的径流量与 CK 呈线性关系,直线的斜率均小于 0.6。

[参 考 文 献]

- [1] 柴宗新. 西南地区生态环境建设的科技工程. 山地学报 [J]. 2000, 18(5): 396—398.
- [2] 陈国阶. 长江上游水土流失主要成因与防治对策. 农村生态环境 [J]. 2000, 1(3): 5—8.
- [3] Lal R. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisols [M]. Agroforestry Systems, 1989. 97—132.
- [4] Kiepe P. No runoff, no soil loss: soil and water conservation in hedgerow barrier system [M]. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands. 1995.
- [5] Jeff Palmer. Sloping agricultural land technology (SALT): Nitrogen fixing agroforestry for sustainable soil and water

- conservation[M]. MBRLC, Philippines. 1996.
- [6] Narain P, Singh R K, Sindhwal N S, Joshie P. Agroforestry for soil and water conservation in western Himalayan valley region of India; 1. Runoff soil and nutrient loss[J]. Agroforestry Systems. 1998, 39(2): 175—189.
- [7] Paningbatan E P, Ciesiolka C A, Coughlan K J, Rose C W. Alley cropping for managing soil erosion of hilly lands in the Philippines[J]. Soil Technology. 1995, 8: 193—204.
- [8] 唐亚, 等. 等高绿篱—坡地农业复合经营[M]. 见: 李文华, 赖世登主编. 中国农林复合经营, 北京: 科学出版社, 1994. 221—227.
- [9] 石培礼, 唐亚, 陈克明. 山地农业持续发展的有效途径——坡地农业技术(SALT)[J]. 生态农业研究, 1996, 4(2): 44—49.
- [10] 孙辉, 等. 等高固氮植物篱防治坡耕地土壤侵蚀效果研究[J]. 水土保持通报, 1999, 12(6): 1—5.
- [11] 固氮植物篱梯埂套种桑树效益初探[J]. 生态农业研究, 2000, 8(2): 69—71.

《水土保持通报》2001 年征稿简则

《水土保持通报》全方位快速报道与水土保持有关的国家及全球性重大决策问题研究, 水土保持科研及生产实践中的热点问题, 高新技术成果在水保领域的应用研究, 能反映国家或某一地区科研和生产治理方面的前沿问题, 及滑坡、泥石流、风蚀沙化、盐碱等水土流失灾害的预防、监督、监测等方面的信息动态技术措施, 以及依法防治水土流失的规律及预测、典型经验、成果评价、问题讨论等, 并促进其尽快转化为生产力。

《水土保持通报》栏目设置: 综合研究、试验研究、研究简报、应用技术、综合治理、学术讨论、专家介绍、专家论坛等栏目。

本刊以文会友, 质量第一, 2001 年起容量增加 16 个版面(共 80 页), 热忱欢迎广大水保科技工作者和全国农业、林业、水利等相关学科科研人员及大专院校师生踊跃投稿。

来稿要求 1. 论点明确, 数据可靠, 逻辑严密, 文字精炼, 图表清晰准确, 创新性强, 篇幅不超过 5000 字; 2. 主要成果应由作者独立完成, 引用他人研究成果时应标明其出处, 有关著作权责任作者自负; 3. 论文中各种字母、符号除英文外, 第一次出现时皆应标明其文种、大小写、正斜体及上下标等。并请使用中华人民共和国现行法定计量单位; 4. 每篇论文图、表各不超过 3 幅, 参考文献不超过 20 条。插图应清绘于硫酸纸或坐标纸上, 线条清晰, 标注准确, 照片应反差适中, 层次分明, 轮廓清晰, 计算机绘制者请务寄绘图软件; 表中文字和数据均应清晰准确, 严禁虚假和频繁改动; 所有参考文献均应按其在论文中出现的顺序排列, 并在正文中加注其序号, 每条参考文献注录项目应完整; 5. 凡来稿均应附 300 字左右中、英文摘要及关键词 3~8 条, 应信息全面, 报道性强, 专业词汇及语法准确无误; 6. 请务注明论文资助项目来源、名称、编号及其获奖情况, 并附获奖证书复印件(若刊文后获奖, 亦望能给予热情支持, 及时寄来证书复印件); 7. 附第一作者简介, 内容包括: 姓名、性别、出生年月、民族、职称、学位、研究方向、研究简历、联系电话、E-mail 等; 8. 为方便审稿, 来稿请一律采用软盘或网络形式投稿, 校对无误后稿件一式两份, 与软盘或电子邮件同时寄至本刊编辑部。

在 4 个月内若未接到本刊用稿通知或版面费通知单, 即可自行处理其稿件。因本编辑部人员有限, 请作者自留底稿, 恕不退稿。请勿一稿多投, 凡发现在本刊有与它刊重复刊出论文者, 本刊将予以如实通告。

联系地址: 陕西省杨陵区西农路 26 号《水土保持通报》编辑部

邮编: 712100 **电话:** (029)7018442 **传真:** (029)7012210

Email: bulletin @ms.iswc.ac.cn **http:** //www.iswc.ac.cn