

固氮植物篱防治坡耕地土壤侵蚀效果研究

孙辉, 唐亚, 陈克明, 何永华

(中国科学院成都生物研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 土壤侵蚀是坡耕地土壤退化的主要影响因子之一。在金沙江干热河谷区坡耕地的实验表明, 沿坡耕地等高线种植高密度高固氮植物篱并合理经营, 可有效防治土壤侵蚀。1997 年植物篱处理的土壤侵蚀量减少到对照的 14.5% ~ 23.9%, 1998 年侵蚀量仅为对照的 1% ~ 3%。坡耕地土壤侵蚀集中发生在雨季中期。土壤侵蚀过程也是土壤养分加速流失的过程, 分析表明流失土壤中全氮和有机质在侵蚀土壤含量分别是表土平均含量的 2.3 倍和 2.47 倍以上。在培植等高植物篱系统后, 经过 4~7 a 的正常耕作, 坡耕地可形成以植物篱为地埂的梯地。

关键词: 等高植物篱 坡耕地 土壤侵蚀 生物梯田

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(1999)06-0001-05 中图分类号: S157.433

Effect of Contour Hedgerow System on Slope Lands Erosion Control

SUN Hui, TANG Ya, CHEN Ke-ming, HE Yong-hua

(Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, PRC)

Abstract: Soil erosion is one of the major factors for land degradation in mountains. Contour hedgerow system, consisting of thickly planted double or single hedgerows of nitrogen-fixing trees or shrubs, shows great potential in soil conservation of cultivated slope lands in the tropics. On-farm research was carried out in Ningnan county of southwest China to assess the effect of hedgerows on soil erosion control in the subtropical region. The research consists of four treatments with three replicates. The results showed that more than 70% soil erosion occurred in the mid-term of monsoon under the traditional cultivation. The 4~7 year old hedgerows of *L. leucocephala* and *T. candida* reduced soil loss to be 1% ~ 3% of the control. The erosion is also an accelerating nutrient-loss procedure. The contents of total nitrogen and organic matter in the sediments were more than 2.3 and 2.47 times of those in eroded topsoil. Maintenance of hedgerows can also lead to formation of terrace after normal cultivating in the alleys for several years.

Keywords: soil erosion; contour hedgerow system; arable slope lands; alley cropping

我国山地面积广大, 坡耕地是重要的耕地资源。据统计, 我国 $1.3 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 耕地中, 坡度大于 25° 的占 4.67%, 坡度 $15^\circ \sim 25^\circ$ 的占 9.59%^[1]。在云、贵、川、渝等地区, 很多山区县坡耕地所占比例更高^[1]。如何有效合理地利用这一宝贵资源, 对山区经济发展和资源环境保护, 以及山区能否走上可持续发展道路具有重要意义。传统的坡改梯技术是山区主要的水土保持措施, 然而坡改梯存在投资大、易塌方等缺点。除坡改梯外, 目前山区缺乏经济实用的水土保持技术, 大部分坡耕地仍处于雨养农业阶段, 水土流失严重, 致使大面积坡耕地土层减薄、土壤肥

收稿日期: 1999-05-08

资助项目: 国际山地中心(ICIMOD)的 ATSCFS(1991-2001)项目和中国科学院成都地奥科学基金。

作者简介: 孙辉, 男, 1971 年生, 在读博士。主要研究方向为复合农业和土壤资源持续利用。

力退化,同时也成为下游地区的泥沙来源。

近年来国际上对利用多用途固氮树种构建植物篱防止坡耕地侵蚀和土壤改良的技术展开了研究,表明固氮植物篱技术作为一项投资少见效快的综合水土保持措施,对山区持续发展有重要的现实意义^[2-5]。中国科学院成都生物研究所 1991 年以来根据国际上对固氮植物篱的研究和应用经验,并结合我国山区的具体实际情况,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技术进行了系统的研究^[6-7]。

1 实验区和研究方法

1.1 实验区概况

为研究固氮植物篱在坡耕地上保持土壤的效果,先后在宁南县建了 2 个实验点。坛罐窑实验点 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。马桑坪实验点 1994 年建点,位于彝族聚居区的宁南县六铁镇增建村,海拔比坛罐窑略高,降雨量约 1 100 mm,90% 分布在雨季。建点时在实验坡地上培植新银合欢 (*Leucaena leucocephala*) 和山毛豆 (*Tephrosia candida*) 植物篱。建点时实验点的基本概况如表 1。

表 1 两个实验点基本自然概况

实验点	海拔/m	坡向	坡度/(°)	土壤类型	全氮/%	有机质/%
坛罐窑	1 1001 203	西北	18	燥红土	0.041	0.80
马桑坪	1 4001 485	西南	25	红褐土	0.053	1.11

1.2 研究方法

1.2.1 样方设置 两个实验点均建有顺坡长 20 m,宽 5 m 的径流小区,均为 4 个处理 3 个重复;T₁ 为对照,顺坡耕作,施肥;T₂ 为新银合欢双行植物篱+农作物,不施肥;T₃ 为新银合欢双行植物篱+农作物,施肥;T₄ 为山毛豆双行植物篱+农作物,施肥。

除对照外,每个小区都分别建有规格一致的 5 带双行等高植物篱和 5 个与之相间作物带,双行固氮植物篱行距 40 cm,株距 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。坛罐窑和马桑坪分别于 1995 年和 1996 年在每个小区均建有规格一致的径流槽和径流池,用于测量径流和土壤侵蚀,同时在 2 个实验点各建 1 套规格一致的无小区的径流槽和径流池,用于消除径流收集设施上的降雨和蒸发对径流测量产生的影响。

1.2.2 耕作管理 坛罐窑实验小区 1997 年种植花生,1998 年种植玉米;马桑坪实验小区 1997 年种植玉米,1998 年种植花生。花生施过磷酸钙 350 kg/hm² 作底肥;玉米施尿素 500 kg/hm² 作底肥。通过刈割使固氮植物篱高度控制在 0.30.5 m,以避免与农作物发生光热竞争。

1.2.3 土壤侵蚀测量方法 记录每次降雨产生的径流量,并将径流池搅拌均匀采水样。将水样用已烘干并称量的滤纸过滤、恒温烘干和称量,测定单位体积径流的含沙量。根据每次降雨的径流量,计算小区土壤侵蚀量,并换算成单位面积土壤侵蚀量。

1.2.4 土壤样品分析 土壤样品有机质分析采用重铬酸钾容量法——外加热法测定;土壤全氮分析采用半微量开氏法测定。

2 实验结果与讨论

2.1 坡耕地土壤侵蚀量的时间分布

干热河谷坡耕地土壤侵蚀的时间分布情况如表 2 所示。可以看出,在干热河谷区坡耕地土壤侵蚀具有明显的季节性。11 月至翌年 4 月底的旱季降雨少而且小,没有地表径流,基本

上无土壤侵蚀。在雨季开始(5—6月)和雨季末期(9—10月)侵蚀量均很小。土壤侵蚀量在雨季中期(7—8月)最大。在雨季刚开始时暴雨较少,因经过漫长干燥的旱季,坡耕地土壤吸水能力和渗透能力较高,地表径流很少。产生严重土壤侵蚀是从6月中旬以后开始的,这段时期地表植被覆盖率低,土壤疏松,暴雨集中,传统顺坡耕作模式下面蚀和细沟侵蚀非常严重。9月中旬以后,植被覆盖率高,土壤较板结,暴雨不多,侵蚀减少。在坛罐窑实验点,对照地7—8月土壤侵蚀量占年侵蚀总量的80%,达 5.56 t/hm^2 。新银合欢和山毛豆植物篱将其减少到约 0.12 t/hm^2 ;

表 2 1998 年坡耕地土壤侵蚀的时间分布

实验点	月份	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
坛罐窑	5—6	1.226	0.078	0.066	0.037
	7—8	5.560	0.124	0.097	0.103
	9—10	0.019	0.003	0.003	0.003
马桑坪	5—6	2.236	0.037	0.03	0.05
	7—8	6.723	0.075	0.071	0.159
	9—10	0.080	0.002	0.002	0.009

在马桑坪实验点,对照地7—8月土壤侵蚀量占全年侵蚀量的74%,达 6.72 t/hm^2 ,新银合欢和山毛豆植物篱此期间的土壤侵蚀量仅有 0.07 t/hm^2 左右,即对照的1%。可见雨季中期是传统耕作下坡耕地土壤侵蚀最严重的时期,应用等高植物篱可有效控制此期间的土壤侵蚀。

2.2 等高植物篱对坡耕地土壤侵蚀的影响

1997 和 1998 年 2 个实验点各处理的土壤侵蚀量列于表 3。植物篱小区比对照小区的土壤侵蚀量要少得多。其中,坛罐窑实验点新银合欢植物篱小区 1997 年使土壤侵蚀量减少到对照的 14.5%~15.4%,1998 年土壤侵蚀量减少到对照的 3%以下。山毛豆植物篱 1997 年土壤侵蚀量减少到只有对照的 17.6%,1998 年更降至对照的 2.5%。马桑坪实验点的新银合欢植物篱小区土壤侵蚀量 1997 和 1998 年分别只有对照的 20.6%~23.9%和 1.2%;山毛豆植物篱小区 1997 年为对照的 46.4%,1998 年的土壤侵蚀量下降到对照的 2%。由表 3 还可看出,在传统耕作的对照 T₁ 中,农作物种类对土壤侵蚀量的影响很大。由坛罐窑实验点 1997 和 1998 年对照的土壤侵蚀量看,1997 年比 1998 年高得多,即玉米比花生更有利于保护坡耕地不受侵蚀。马桑坪 1997 和 1998 年的结果也有同样的趋势。但是,在植物篱小区中,农作物种类和施肥与否对侵蚀量影响不大,而且总趋势是土壤侵蚀量减小,这说明植物篱防治土壤侵蚀的效果是比较稳定的。

2.3 土壤侵蚀与养分流失

土壤侵蚀伴随着养分流失。从侵蚀土壤和表土的全氮和有机质分析(表 4)可发现,在侵蚀土壤中养分含量比表土平均含量高得多。其中全氮含量比表土高 2.3 倍左右,而有机质比表土含量高 2.47 倍以上。这表明侵蚀的土壤具有“养分富集作用”,土壤侵蚀过程是土壤养分加速流失的过程,这是造成土壤养分退化的主要原因之一。

表 3 1997 年和 1998 年不同处理的土壤侵蚀 t/hm^2

实验点	年份	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
坛罐窑	1997	14.63	2.26	2.12	2.57
	C _V	0.52	0.27	0.51	0.20
	1998	6.80	0.21	0.17	0.14
	C _V	0.15	0.19	0.18	0.40
马桑坪	1997	5.15	1.07	1.22	2.39
	C _V	0.09	0.27	0.07	0.14
	1998	9.04	0.11	0.10	0.22
	C _V	0.24	0.20	0.08	0.16

注:分年度 LSD 检验表明对照与各植物篱处理间侵蚀量均为极显著差异($\alpha=0.01$),植物篱处理间差异不显著。

表 4 1997 年宁南实验小区侵蚀土壤的养分含量

实验点	土壤类型	全氮/ %	富集率	有机质/ %	富集率
坛罐窑	侵蚀土壤	0.143	2.29	3.272	4.19
	表土	0.053		0.780	
马桑坪	侵蚀土壤	0.172	2.49	5.236	2.47
	表土	0.069		1.912	

通过植物篱减少土壤侵蚀,使坡耕地表土有机质平均每年减少损失 390 kg/hm²,全氮可减少损失 17 kg/hm² 以上。另外,植物篱还通过生物固氮和刈割枝叶返还作物带有机质、氮素和其它养分(据测定,不同环境的植物篱每年可向作物带提

供刈割枝叶 514 t/hm²)。因此,这项措施对于有机质投入日益减少,化肥利用效率又低的情况下,防治山区坡耕地退化和减轻环境危害,并恢复和重建坡耕地土壤养分库,实现山区资源和环境持续利用具有重要意义。

2.4 植物篱对坡耕地坡度的影响及构建生物梯田

在坡耕地上构建的等高植物篱层层拦截侵蚀土壤,从植物篱根部向上淤积,逐渐在坡耕地上形成等高条形梯地,等高植物篱成为生物梯田的地埂。表 5 是 1998 年宁南县 2 个实验点的实验小区各个处理的坡度。在建点时每个实验点各处理的坡度是相对一致的。从培植山毛豆和新银合欢等高植物篱后作物带坡度变化可看出,植物篱对减小作物带坡度均有较好效果。新银合欢植物篱减小作物带坡度的效果最显著,很多作物带已变成缓坡地或接近成为梯地。坛罐窑

窑实验点由于已建点 7 a,植物篱构建生物梯田的整体效果优于建点 4 a 的马桑坪实验点。对照的坡度也有轻微降低,原因是对照小区上部泥土大量流失,导致小区上部坡地表面下切。

表 5 1998 年径流小区作物带的坡度变化

实验点	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
坛罐窑	17°12'	6°28'10"	6°8'25"	8°18'11"
马桑坪	23°	10°12'32"	9°50'12"20"	12°30'13"

由于坡耕地在山区耕地资源中所占比例较大,而且在很多山区是必不可少的主要耕地。陡坡地退耕是必要的,但大量的缓坡地水土流失和土壤退化的治理则是这些地区农业持续发展面临的挑战。等高植物篱的优点是在耕种坡耕地的同时可构建梯地保持水土和进行土壤就地培肥,对坡地和难利用土地资源进行种植和养殖等多种经营,减小对环境的压力和危害,同时投资少见效快,农民容易接受。

3 结 论

(1) 干热河谷坡耕地土壤侵蚀具有明显的时间分布,在雨季中期的 7—8 月侵蚀量达年侵蚀总量的 80% 以上,新银合欢和山毛豆植物篱可使土壤侵蚀减少到可忽略的程度。流失土壤中养分比受侵蚀表土养分平均含量高 24 倍。

(2) 新银合欢和山毛豆固氮植物篱可有效地防治坡耕地土壤侵蚀,在不同土壤和环境条件下,培植 47 a 的植物篱可使陡坡耕地的土壤侵蚀显著地减少到传统顺坡耕作模式下的 1%~3%。

(3) 在等高植物篱模式下,通过常规耕种 4~7 a 后,可在坡耕地上建成稳定的综合效益好的生物梯田。

致谢:对王春明女士在土壤养分分析方面,以及四川省宁南县人民政府特别是宁南县科技局在实验点建设和野外观测过程中给予的支持致以衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 张凤荣, 薛永森, 鞠正山, 等. 1998 中国耕地数量与质量分析[J]. 资源科学, 20(5): 32—39.
- [2] Jeff Palmer. Sloping Agricultural Lands Technologies (SALT): Nitrogen-fixing Agroforestry for Soil and Water Conservation[M]. MBRLC. Philippines. 1997. 52.
- [3] Tej Partap, Harold R. Watson. Sloping Agricultural Land Technology (SALT): A Regenerative Option for Sustainable Mountain Farming[M]. ICIMOD, Nepal. 1994.
- [4] Paul Kiepe. No Runoff, No Soil Loss: Soil and water conservation in hedgerow barrier system[M]. Wageningen. Agricultural University. 1995.
- [5] Kang B T, Reynolds L, Atta-Krah A N. Alley Farming[J]. Advances in Agroforestry, 1990, 43: 315—359.
- [6] 唐亚. 等高绿篱——坡地农业复合经营[M]. 见: 李文华, 赖世登编. 中国复合农林业. 北京: 科学出版社, 1994. 221—227.
- [7] 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.