

# 黄土丘陵区幼林和草地水保及经济效益研究

侯喜禄 曹清玉

(中国科学院西北水土保持研究所  
水利部)

## 提 要

本文对安塞县黄土丘陵沟壑区小流域治理中幼林与草地水土保持效益及经济效益动态监测资料进行了分析。水保效益研究试区布设径流小区，径流泥沙采用分流箱和集流桶；经济效益指标测定1~5年生幼林及草地的地上部分生物生产量。作者结合前几年的资料分析比较，提出了该类型区小流域综合治理中水保及经济效益高、生长快的幼林和草地的树、草种及林种结构。

关键词：幼林地 草地 生物生产量 水土保持效益 经济效益

为了搞好黄土高原小流域综合治理，摸清并提高小流域治理中幼林与草地的水保及经济效益，找出生长好、见效快、效益高的林、草种及其结构，为小流域综合治理中发展林草提供依据。1986年在陕西省安塞县纸坊沟流域布设了幼林与草地的水保及经济效益动态监测试验。现将3年径流泥沙观测资料和1~5年幼林、草地生长及生物量观测资料作了分析研究。

## 一、试验区基本情况

纸坊沟流域属安塞县沿河湾镇管辖，系陕北黄土丘陵沟壑区的杏子河流域下游一条一级支流，主沟长8.1km，流域面积8.738km<sup>2</sup>，折12 411亩，其中可利用土地面积10 891亩，非生产用地面积1 515亩。流域内包括2个行政村的3个自然村，共96户，467人，人口密度56人/km<sup>2</sup>。沟壑密度8.06km/km<sup>2</sup>，大于500m的沟道13条，所有主沟床均切入基岩，平均比降4.5%。土地类型多，其中沟间地占35.0%，沟谷地占61.5%，其中塌地占1 679亩，谷底地315.8亩。地带性土壤为黑垆土，主要土壤类型为黄绵土占77.1%；红胶土占10.4%；石泡土占10.5%；洪淤土占1.3%。年平均气温8.8℃，极端最低气温-23.6℃，≥10℃的年平均积温3 074.1℃，平均无霜期159天。年平均降雨量549.1mm，但分布不均，多集中在7、8、9三个月，占全年降雨量61.1%，且多暴雨。治理前植被稀疏，耕垦指数大，水土流失严重，侵蚀模数14 000t/km<sup>2</sup>·a。

## 二、研究方法

以小区或小块试验地，按林分和草地种类、林龄、生长年限、密度，进行径流、泥沙、土壤水分、地上部分生物量、枯落物等测定。各观测小区或试验地基本情况见表1。

### (一) 幼林与草地水保效益

采用径流小区方法进行地表径流、泥沙观测，径流小区的水平投影面积为20m×5m，观测设施为分流箱、集流桶。

表1 1989年试验小区基情本情况

试验处理	项目	地貌部位	坡向	坡度	林龄	密度 (株/亩)	树高 (m)	地径 (cm)	郁闭度 (%)	覆盖率 (%)	备注
4~6年刺槐		沟坡	EN5°	27°	6	296	6.4	6.2*	0.7-0.85		• 胸径
12~15年刺槐		"	WN5°	27°	15	74	11.4	11.2*	0.65-0.80		• 胸径
2~4年侧柏×紫穗槐		"	ES13°	27°	4	296	0.7	1.1			行间混交
2~4年柠条		"	ES15°	27°	4	667	1.36				
2~4年沙打旺		"	ES7°	27°	4	2 000	1.47				
1~2年苜蓿		"	ES10°	27°	2	5 558	0.25				
2~4年红豆草		"	ES7°	27°	4	4 447	0.69				
2~4年沙棘		"	EN20°	27°	4	296	3.9	3.1			
2~4年沙棘×油松		"	ES25°	27°	4	296	3.8	3.3			行间混交
2~4年沙棘×杨树		"	SE40°	27°	4	296	2.1	2.6			行间混交
农耕地		"	ES5°	27°	1		1.12*				高度
2~4年刺槐		"	W	24°	4	296	3.1	3.9			
2~4年刺槐		"	W	24°	4	222	2.9	3.9			
2~4年刺槐		"	W	24°	4	167	3.0	4.2			
2~4年沙棘		"	WN5°	27°	4	667	3.0	2.8			
"		"	WN5°	27°	4	296	3.1	3.0			
"		"	WN5°	27°	4	222	3.1	3.0			
"		"	ES25°	27°	4	150	3.9	3.3		35~60	
5年年棘		"	NE10°	25°	1~5	296	4.2	3.7		80~90	1~5系生长年龄
4年生沙棘		"	"	25°	4	296	3.1	3.2		75~90	
3年生沙棘		"	"	25°	3	296	1.8	2.4		60~80	
2年生沙棘		"	"	25°	2	296	1.3	1.4		25~40	
1年生沙棘		"	"	25°	1	296	0.87	0.5		15~20	
14年生柠条		梁沟岭	WN25°	24°	5	371	1.63			60~70	5为平茬间隔年
"		"	"	24°	4	371	1.60			60~70	4 " "
"		"	"	24°	3	371	1.36			60~70	3 " "
"		"	"	24°	2	371	1.05			45~60	2 " "
"		"	"	24°	1	371	0.73			30~40	1 " "

表3 幼林与草地减沙效益比较 (侵蚀模量: t/km<sup>2</sup>)

项 目  年 份	黄 绵 土				
	农 地 (对 照)	4~6年 刺槐林	12~15年 刺槐林	2~4年 柠条林	2~4年 侧柏× 紫穗槐
1987年	227.9		2.91	225.9	227.9
1988年	5 435.8	8.9	54.7	777.4	1 286.8
1989年	7 297.7	27.0	36.98	3 411.7	1 344.6
平 均	4 320.5	18.0	31.53	1 471.7	953.1
较农地减少 (%)		99.6	99.30	65.9	77.9

黄 绵 土			硬 黄 土		
2~4年 沙打旺	1~2年 苜蓿	2~4年 红豆草	2~4年 沙棘林	2~4年 沙棘×油松	2~4年 沙棘杨树
241.9	300.3	246.0	1 548.5	1 960.9	505.9
53.1	758.3	758.2	115.2	1 015.8	1 101.9
743.1	3 695.7	4 467.3	67.6	537.4	2 787.7
340.0	1 584.8	1 823.8	577.1	1 171.4	1 465.2
92.1	63.3	57.8	86.6	72.9	66.1

(二) 幼林与草地经济效益

(1) 生长及生物量测定。刺槐、沙棘幼林，每年按树种、林龄、密度测定10株高、胸径、鲜重和干重。柠条林在同一年按不同平茬林龄测定10丛生长高度、分枝数、鲜干重。草地按草种、生长年限、地类在盛花期（沙打旺在生长旺季）刈割测定生长量和鲜干草产量。

(2) 林地土壤水分测定。每月一次，土层深度1~3年生为2m，3年生以上为3m。

(3) 枯落物贮水量测定。1~5年生刺槐按林龄、密度测定10株鲜叶量和干叶量；1~5年生沙棘和柠条、刺槐成林，在每个小区或试验地随机布设1m×1m样方四个，收集枯落物，用静水浸泡法测定枯落物的贮水量。

### 三、结果与分析

#### (一) 幼林与草地水保效益

##### 1. 幼林与草地减沙效益

表2资料表明:1987~1989年3年平均土壤流失量,以4~6年的大密度高郁闭的刺槐林、12~15年生刺槐成林、2~4年生沙打旺草地、2~4年生沙棘幼林减沙效益明显;其次为2~4年生侧柏×紫穗槐、2~4年生沙棘×油松、2~4年生沙棘×杨树、2~4年生柠条林、1~2年生苜蓿、2~4年生红豆草;对照(农地)土壤流失最严重。其侵蚀模数依次为18.0、35.0、340.0、577.1、953.1、1 171.4、1 465.2、1 471.7、1 584.8、1 823.8、4 320.5t/km<sup>2</sup>。各林草小区比农地减少的比例(百分比)为99.6%、99.2%、92.1%、86.6%、77.9%、72.9%、66.1%、65.9%、63.3%、57.8%。

4~6年生刺槐林、12~15年生刺槐成林、2~4年生沙打旺草地、2~4年生沙棘幼林减沙效益明显的原因在于:(1)刺槐林郁闭度较高,达0.8~0.85,枯落物多贮水量大,如1~5年生刺槐每公顷枯落物干重80~383kg,贮水量135~650kg,13~15年生刺槐每公顷枯落物干重3 766~5 161kg,贮水量6 291~8 774kg。林冠下有活地被物,在阳坡、半阳坡的林地生长有较好的长芒草群丛。在没有人为干扰(封禁)情况下,可形成稳定的保持一定厚度的落叶层,较好的活地被物,并与林冠结合在一起覆盖地表;(2)沙棘生长快,3年生实生苗造林地出现大量根蘖苗,使林地密度增大,从而覆盖度高,叶量亦较多,根系浅多集中在地表35cm土层,能起固结表土作用;(3)沙打旺草地生长快,密度大,每亩2 000~3 000株,覆盖度较高。

##### 2. 地表径流与降雨及林草植被类型的关系

表3所列1989年2次雨量和雨强不同的降雨各林草小区的产流情况:

(1)7月16日的特大暴雨,降雨量136.5mm,历时15h15min,平均雨强0.15mm/min,最大雨强1.15mm/min,持续1h8min。这场暴雨与延安地区有记载以来最大日降雨139.9mm相当,重现期为20~50年一遇。在这场暴雨中各林草小区都产生了径流,但由于林草植被类型不同产生的径流不同。其径流系数以4年生沙棘幼林和15年生刺槐成林为最小分别是0.9%和1%;其次是6年生刺槐林及4年生沙棘×油松林、侧柏×紫穗槐、4年生沙棘×杨树、4年生沙打旺、4年生红豆草,径流系数分别为2.3%、2.6%、3.5%、6.4%、6.6%、9.4%;再次是农地、4年生柠条林,径流系数为17.2%、23.1%、最大的为2年生苜蓿地,径流系数60.1%。

(2)7月22日降雨量16.5mm,历时1h30min,平均雨强0.18mm/min,最大雨强0.52mm/min,持续30min。这场雨的降雨量虽不大,但历时短雨强较大,其各林草植被小区的产流情况为6年生刺槐林、4年生沙棘林、15年生刺槐林产流很小,4年生沙棘×油松产流亦较少,4年生柠条和4年生侧柏×紫穗槐产流最多。

上述两场降雨各林草小区产流情况说明:①降雨量越大,降雨强度越大且持续时间越长,产生的地表径流越多,径流系数大,反之就小;②在同样降雨条件下,不同林草植被类型产流不同,林草密度越大,覆盖度越高,地表径流越少,径流系数小,反之就大。

#### (二) 幼林与草地经济效益动态监测

##### 1. 刺槐不同密度、不同平茬年龄的生物量动态变化

图1①表明:2年生刺槐林进行平茬的生物生产量,随密度增大而增加。以每亩296株处理的生物量最大,亩产干物质11.2kg;每亩密度222株和167株的不同处理的生物生产量接近,亩产干物质10kg左右。

表 3 径流与林草植被类型及降雨的关系

林草种类	降雨量136.5mm、平均雨强0.15mm/min 最大雨强1.15mm/min		降雨量16.5mm、平均雨强0.18mm/min 最大雨强0.52mm/min		备 注
	径流量 (L/ha)	径流深 (mm)	径流量 (L/ha)	径流深 (mm)	
6年生刺槐林	30 217.6	3.021 76	0	0	降雨 134 mm
15年生刺槐林	13 687.0	1.368 7	386.2	0.038 62	0.23
4年生柠条林	315 554.2	31.555 4	2 488.0	0.248 8	1.5
4年生侧柏× 紫穗槐	41 745.3	4.174 53	2 882.3	0.288 23	1.7
4年生沙棘林	12 578.8	1.257 88	0	0	0
4年生沙棘× 油松	35 619.5	3.561 95	1 217.35	0.121 735	0.74
4年生沙棘× 杨树	89 447.2	8.944 72	1 808.9	0.180 89	1.1
4年生沙打旺	87 194.5	8.719 45	2 329.1	0.232 91	1.4
2年生苜蓿	821 004.9	82.100 49	1 941.3	0.194 13	1.2
4年生红豆草	128 142.9	12.814 29	2 060.4	0.206 04	1.2
农 地	234 206.1	23.420 61	2 353.9	0.235 39	1.4

3年生刺槐林平茬，其生物生产量同样随密度增大而增大。以每亩296株的最大，亩产干物质79.5kg，每亩密度222株的次之，每亩167株的最小，亩产物质52.3kg。

4年生刺槐林平茬，生物生产量以每亩密度296株和167株的较高，亩产干物质311.3~319.1kg，每亩密度222株的最小，亩产干物质280.8kg。

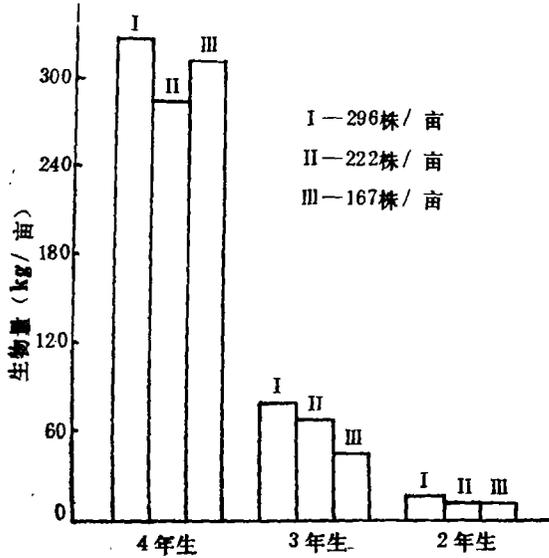


图1 (1) 不同密度及林龄刺槐幼林的生物量

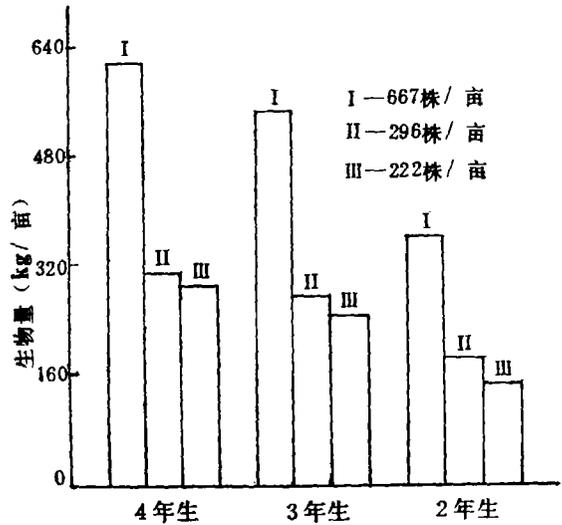


图1 (2) 不同密度及年龄沙棘幼林的生物量

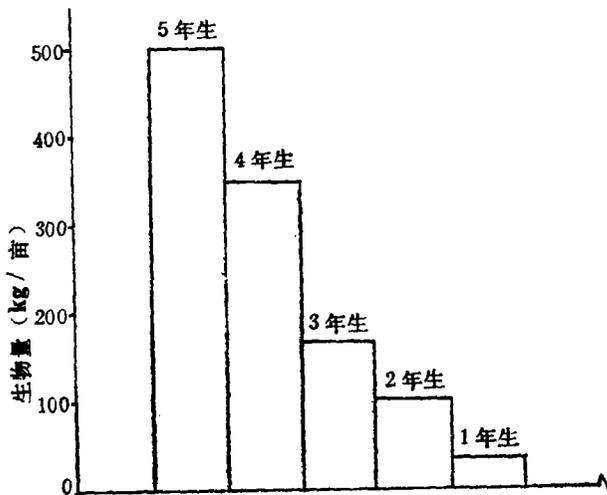


图2 (1) 1~5年生沙棘幼林各年生物量变化

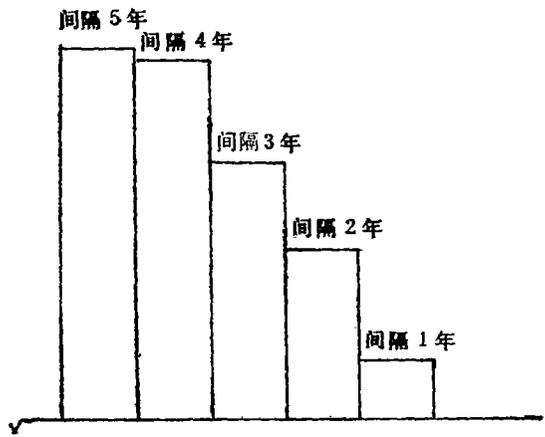


图2 (2) 柠条成林1~5年平茬间年限的生物量

### 2. 沙棘不同密度、不同平茬年龄的生物量变化动态

图1②表明：2年生沙棘林进行平茬，密度越大生物量越大。以每亩667株的生物量最大，亩产干物质341.3kg；每亩密度296株的中等，每亩222株处理的生物量最小，亩产干物质143.8kg。

3年生沙棘林平茬，同样密度越大生物量越高，每亩667株的亩产干物质552.2kg，每亩296

株的亩产干物质256.3kg,每亩密度222株的亩产干物质207.1kg。

4年生沙棘林平茬,同样以每亩667株的生物量最高,亩产干物质616.4kg;每亩296株的亩产干物质256.3kg;每亩密度222株的亩产干物质274.5kg,后2个密度生物生产力接近。

### 3. 1~5年生沙棘相同密度不同平茬年限生物生产量动态变化

图2①表明:1~5年生沙棘幼林,在密度相同条件下,生物生产量随平茬年限增加而增长。其各年限平茬的生物量每亩为24.6、96.6、168.6、260.7、554.4kg。第2年平茬较第1年平茬生物产量增长292.7%,第3年较第2年增长74.5%,第4年比第3年增长54.6%,第5年较第4年增长112.7%。说明第2、第5年平茬生物量增长比例最高,且第5年平茬生物生产量达到高峰,所以这一年平茬经济效益最好。

### 4. 1~5年生长时段的柠条成林(第一次平茬后的柠条)各年限平茬的生物生产量变化

图2②表明:在密度相同条件下,柠条成林1~5年的生长时段内,各年平茬其生物生产量随平茬年限增加而增加。各年度的生物量每亩分别为39.1、116.1、177.2、246.2、254.7kg(干物质)。增长比例第2年较第1年增长96.9%,第3年较第2年增长52.6%,第4年较第3年增长38.9%,第5年较第4年增长3.5%。

上述各年平茬的生物量变化表明:柠条成林平茬后第2年生长最快,生物生产量增长最多,但未达到最高峰,第4年的生物生产量最高,已达到高峰。因此,柠条每隔4年平茬一次经济效益最高。第5年生物产量增加很少,生长到第5年平茬很不经济。

### 5. 1~4年生沙打旺草地生物生产量变化

据观测黄土丘陵沟壑区种植的沙打旺生长快,第一性生产力高,第2年可形成高覆盖的草地,生物生产量很高。山地小区1~4年生沙打旺草地亩产干草134~993kg;山地大田1~4年生亩产干草123~677kg;1~4年生川平地每亩干草产量968~1933kg。

### 6. 红豆草草地生物生产量测定

红豆草系豆科红豆草属多年生草本植物,1984年引种,表现抗旱、耐寒、适应性强,产草产籽量高,茎叶柔软适口性好。

试区不同土地类型种植的红豆草生长差异较大,川平地生长好产草量高,山坡地生长较差。山地2~4年生亩产干草84~392kg。川平地种植以每亩密度5558株的产草量最高,一年生亩产干草241kg,产籽5.5kg,2年生草地亩产干草525kg,产种籽78kg。

### 7. 新疆大叶苜蓿生物生产量测定

本地苜蓿的原品种为紫花苜蓿,1987年引进新疆大叶苜蓿,据1988~1989年观测,山地1~2年生亩产干草40~234kg,生物生产量中等。但该地区的人工草地苜蓿普遍存在鼯鼠危害严重和管理差,导致生长不好产草量低。为了提高经济效益,应加强苜蓿草地的施肥除草等田间管理,使其发挥最大的经济效益。

## 四、结 论

1. 沙棘幼林生长快,生物生产量高,水保效益和经济效益明显。2~4年生不同密度的幼林,密度越大生物量越高,以每亩667株的最高,亩产干物质341.3~616.4kg。1~5年生幼林,在密度相同条件下,生物生产量随平茬年限增加而增加,各年的生物量每亩为24.6、96.6、168.6、260.7、554.4kg。2、3、4、5各年增长率分别为292.7%、74.5%、54.6%、112.7%,第2、第5年生长快,且第5年平茬生物生产量最高,因此,沙棘每隔5年平茬一次最经济。2年生幼林已有明显水保效益,1987~1989年3年平均侵蚀模数577.1t/km<sup>2</sup>,比农地减少土壤失量86.6%,

在特大暴雨中径流系数最小，能大大消减地表径流。

2~4年生沙棘×油松、沙棘×杨树混交林，由于油松、杨树幼树比沙棘生长慢，混交林的优越性和效益未发挥出来，故水土保持效益和经济效益均比沙棘纯林低。

2. 刺槐幼林生长较快，生物生产量较高，水土保持效益和经济效益明显。2~4年生刺槐幼林的生物生产量随造林密度增大而增加，以每亩296株的为最高，亩产干物质11.2~319.1kg，较每亩密度222株和167株处理的提高14%~37%。幼林的水保效益显著，4~6年生幼林3年平均侵蚀模数18.0t/km<sup>2</sup>，比农地减少土壤流失量99.6%，在特大暴雨中减少地表径流效果显著。

3. 柠条幼林生长慢，生物生产量低，但进行第1次平茬后生长速度大大加快，生物生产量迅速提高，水土保持效益和经济效益显著提高。就2~4年生幼林而言，3年平均侵蚀模数1471.7t/km<sup>2</sup>，比农地减少土壤流失量65.9%。第1次平茬后的柠条成林1~5年生长时段内，各年平茬的生物生产量随年限增加而增加，各年度生物量分别为39.1、116.1、177.2、246.2、254.7kg/亩（干物质）。2、3、4、5年的逐年增长比例为196.9%、52.6%、38.9%、3.5%，第2年生生长最快，干物质积累最多，第4年接近高峰，第5年生长量很小，因此，柠条成林每隔4年平茬一次最经济。

4. 沙打旺生长好，产草量高，第2年可形成高覆盖度的草地，水土保持效益和经济效益明显。山地小区1~4年生亩产干草134~993kg；1~4年生山地大田亩产干草123~677kg；1~4年生川平地亩产干草968~1933kg。一年生沙打旺无水土保持效益；2~4年生沙打旺草地3年平均侵蚀模数340t/km<sup>2</sup>，减沙效益显著，比农地可减少土壤流失量92.1%，减少径流73%。

5. 红豆草抗旱、耐寒、适应性强，生长较好，茎叶柔软，适口性好，产草产籽量较高。山地2~4年生亩产干草84~392kg；川平地1~2年生亩产干草241~525kg，产种子5.5~78kg，并以每亩密度5558株即株距30cm、行距40cm的产草量最高。2~4年生红豆草3年平均侵蚀模数1823.8t/km<sup>2</sup>，比农地减少土壤流失63.3%。

6. 苜蓿是牧草之王，群众喜欢种植，原品种紫花苜蓿，1987年试验区引进新疆大叶苜蓿，两年观测结果，山地1年生亩产干草40kg，5年生亩产干草234kg，经济效益尚低。3年平均土壤侵蚀模数1584.8t/km<sup>2</sup>，比农地减少土壤流失57.8%。

（下转第37页）

随着生态系统食物链的增多，能量流动和物质循环不断加快，生物资源的转化效率会越来越高，生态系统内部的调节能力会越来越强。在不久的将来，这一对外部灾害具有高抗御能力的组合系统，就会爆发出高能量的生产力，成为黄土高原生态农业中一颗灿烂的明星。

## Summarization of step Series Control in Xinzhou Prefecture

*Yang Jinyu*

*(Administrative Office of Xinzhou Prefecture, Shanxi Province) ,*

*Wang Zhixiang*

*(Soil and Water Conservation Commission Office of Xinzhou Prefecture)*

### Abstract

The experience and problems are summarized in application and popularization step series control in Xinzhou Prefecture, and the characteristics and planning principle as well as techniques are analysed, which are used for further comprehensive control in loess hilly gully region

**Key Words:** step series control, model, ecological system.

(Continued from page 60)

## Study on the Benefit of Economic and Soil and water Conservation of yang woodland and Grassland in Loess Hilly and Gully Region

*Hou Xilu Cao Qingyu*

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation,  
Academia Sinica and Ministry of Water Conservation)*

### Abstract

The benefits of economic and soil and water conservation of yang woodland and grassland are analysed during the comprehensive control of small watershed in loess hilly region in Ansai. The runoff plots were used in observation of sediment reduction, and aboveground biomass of 1-5 years yang woodland and grassland were measured in evaluating economic benefit. The species of grasses and trees as well as its structures with high economic benefit and growth rate were advanced for comprehensive control of small watershed in this region.

**Key words:** yang woodland and grassland, soil and water conservation benefit, economic benefit.