

# 滇中三种人工林群落控制土壤侵蚀和改良土壤效应

王震洪<sup>1</sup>, 段昌群<sup>2</sup>, 文传浩<sup>2</sup>, 王宏斌<sup>4</sup>, 张世彪<sup>3</sup>, 起联春<sup>3</sup>

(1. 西南林学院 资源学院, 云南 昆明 650224; 2. 云南大学 环境科学系, 云南 昆明 650091;  
3. 云南省牟定县水土保持委员会办公室, 云南 牟定 675500; 4. 昆明理工大学, 云南 昆明 650091)

**摘要:** 通过对人工云南松群落、桉树—黑荆混交林群落、直干桉群落及无林地对照地表径流、土壤侵蚀的观测及林地土壤几个主要理化指标的分析表明, 地带性植物种云南松形成的人工林群落及桉—黑荆混交林具有好的控制径流和土壤侵蚀的能力, 对土壤理化性质的改善也有较明显的作用, 值得在生产中推广。在此基础上, 论述了不同人工林群落土壤理化性质的改善与土壤侵蚀的控制关系。

**关键词:** 人工林群落; 土壤侵蚀; 土壤改良

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2001)02—0023—05

中图分类号: S715.3

## Soil Erosion and Soil Improvement of Three Artificial Forest Communities in Middle Yunnan Province

WANG Zhen-hong<sup>1</sup>, DUAN Chang-qun<sup>2</sup>, WEN Chuan-hao<sup>3</sup>,  
WANG Hong-bin<sup>4</sup>, ZHANG Shi-biao<sup>3</sup>, QIAN Lian-chun<sup>3</sup>

(1. Resources Academy, Southwest Forestry College, Kunming 650224, PRC; 2. Environment Science Department, Yunnan University, Kunming 650224, PRC; 3. Office of Soil and Water Conservation, Muding County 675500, Yunnan Province, PRC; 4. Science and Technology University, Kunming 650091, PRC)

**Abstract:** The effects of soil erosion control and soil improvement were researched through the observation of runoff and soil erosion, and through the analysis of some indexes of soil property in the plots of three kinds of artificial forest, *Pinus yunnanensis* community, *Eucalyptus maidensii* and mixed *Acacia mearnsii*—*Eucalyptus maidensii* community and the non-forest contrast from March 1, 1998 to March 1, 1999. The results indicated that mixed *E. maidensii*—*A. mearnsii* community, *P. yunnanensis* were able to efficiently control surface runoff and soil erosion and there were high percentages of Si/V, stable-water aggregate, non-capillary porosity in the soil of these two artificial forests. Meanwhile, less loss of main nutrient elements happened, which was in favor of the fertility better improved and more organic matter, available N, P, K were accumulated in soil of mixed *E. maidensii*—*A. mearnsii* community and *P. yunnanensis* community. To the contrary, both the soil erosion control and the improvement of soil were poor for the contrast and *E. maidensii* community. So, mixed *E. maidensii*—*A. mearnsii* communities, *P. yunnanensis* community should be recommended for afforestation in the harness of soil and water erosion.

**Keywords:** artificial forest communities; soil erosion; soil improvement

滇中是云南省社会经济最发达的地区, 由于人类活动频繁, 水土流失日益严重, 土地变得十分瘠薄, 生产力不断下降, 阻碍了当地的经济发<sup>[1]</sup>。自 20 世纪 80 年代中期以来, 各级政府实施了“长江中上游水土流失重点防治工程”, 通过大面积营造以云南松、直干桉、黑荆、旱冬瓜、桉木等树种的水土保持林以控制山地的水土流失, 改良土壤, 以便实现山区生态环境的改善, 提高土地生产力。各种水土保持林通过 10 a

多的抚育管护, 很大一部分已经成林, 然而, 对水土流失的防治及土壤改良发挥了怎样的作用未见报道。而且, 长期以来, 国际国内学者们对大面积栽植某些人工林出现的林分单调, 生物多样性及稳定性低, 与天然林相比在控制水土流失和土壤改良作用的效应提出了质疑, 对如何使人工林生态系统具有天然林的水土流失和改良土壤效应也是一大研究热点<sup>[13]</sup>。本研究试图通过 1990 年栽植的 3 种人工林试验群落土

收稿日期: 2000—10—21

资助项目: 国家攀登计划特别支持项目(2000—026); 云南省自然科学基金重点项目(2001—02); 长江中上游水土保持委员会资助项目(1998—02)。

作者简介: 王震洪(1966—), 男(汉族), 云南人, 理学硕士, 工程师, 现在云南大学攻读博士学位, 从事山地水文生态学和流域治理研究, 主持水利部长江中上游水土保持委员会课题 2 项, 发表论文多篇。联系人: 段昌群, 电话(0871)5032753, E-mail: chqduan@ynu.edu.cn

壤侵蚀及土壤改良对比, 量化地研究不同人工林群落控制土壤侵蚀及改良土壤效应, 为“长治”工程的实施提供理论依据。

## 1 人工林群落基本情况

实验地位于牟定县城区面山长江上游水土保持委员会资助建设的人工林生态系统定位站内; 地理位置为北纬  $25^{\circ}24'09''$ , 东经  $101^{\circ}28'18''$ , 海拔 1 998 m, 坡度  $10^{\circ} \sim 12^{\circ}$ , 坡向为南偏西  $29^{\circ}$ ; 气候属亚热带半湿润季风气候, 年降雨量 800 ~ 1 000 mm, 大于或等于 50 mm 的暴雨年均 0.8 次, 降雨集中在 5—10 月, 其降雨量占全年降雨量的 80%。实验地有 1990 年营造作对比研究的云南松 (*Pinus Yunnanensis*) 植物群落、直干桉 (*Eucalyptus maideni*) 植物群落、直干桉—黑荆 (*A. mearnsii*) 混交林群落 3 种人工林生态系统及未造林地对照。人工林群落乔木密度、平均胸径和平均树高分别是云南松 0.5 株/ $m^2$ , 2.97 cm, 4.27 m; 黑荆 0.33 株/ $m^2$ , 4.41 cm, 8.64 m; 直干桉 0.33 株/ $m^2$ , 5.31 cm, 11.04 m。现已分别形成以乔木为上层, 其它种为下层的植物群落。云南松人工林生态系统有绒毛黄腺香青 (*Anaphalid aureo-punctata*), 拟金茅 (*Eulaliopsis binat*) 等 10 种植物。在直干桉人工林生态系统中有云南娃儿藤 (*Tylophora yunnanensis*), 小钩耳草 (*Hedyotis uncinella*) 等 8 种植物。在无林地对照中有白茅 (*Imperata cylindrica*) 等 11 种植物。林地生态系统由于地被层和枯落物的覆盖, 原来整地时留下的种植沟痕迹已看不到。在造林前, 各生态系统均为荒山, 植被、土壤类型等立地条件一致。在定位站周围有历年营造的成片云南松林、直干桉林和桉黑混交林 10.2  $km^2$ 。

## 2 研究方法

### 2.1 不同人工林群落降雨产流量及土壤侵蚀量

在 3 种人工林实验群落和无林地对照内选取海拔、坡度、坡向、建群种相同, 生长情况一致的地段, 分别设置一个  $20\text{m} \times 5\text{m}$  标准径流小区作地表径流观测研究。小区边界用砖砌体, 地上高和地下深分别为 0.5 m, 表面用水泥抹灰, 以防区内外地表径流相互交换。小区地表径流通过分流设备和导流沟流入径流收集池中。径流收集池容量按 100 a 一遇暴雨设计。每次降雨产流后, 量测径流池水位高并将径流池中径流充分搅拌, 用分层取样器取样, 用烘干法分析单位体积径流泥沙重, 计算土壤侵蚀量<sup>[1-3]</sup>。

### 2.2 不同人工林群落地表 N, P, K 损失量

据研究测定, 人工林群落每 1 kg 土壤全 N, P, K

含量和单位面积土壤侵蚀量计算地表养分损失量。

### 2.3 不同人工林生态系统土壤理化性质的测定

测定土壤硅钒比、土壤水稳性团粒百分比、土壤有机质含量、土壤全氮、速效氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾、土壤容重、非毛管孔隙、毛管孔隙、总孔隙等指标。土壤硅钒比用比重计法测定并按公式: 硅钒比 = 沙% + 粉沙% / 黏粒% 计算; 土壤水稳性团粒用比重计法测定; 有机质用重铬酸钾法测定; 全氮用凯氏定氮法测定; 速效氮用扩散吸收法测定; 全磷用高氯酸—硫酸酸溶钼锑抗比色法; 速效磷测定用盐酸—氟化铵法; 全钾和速效钾测定用火焰光度法; 土壤容重、非毛管孔隙、毛管孔隙、总孔隙度的测定采用环刀法<sup>[4,5]</sup>。每个季度选取晴天取样一次, 每次每个小区按对角线设 3 个取样点, 按 0—10 cm, 10—25 cm, 25—50 cm 分 3 层取样, 将同层 3 个样本混合成一个土样测定并取 3 层测定结果的均值。全年取 4 个季度的平均值。

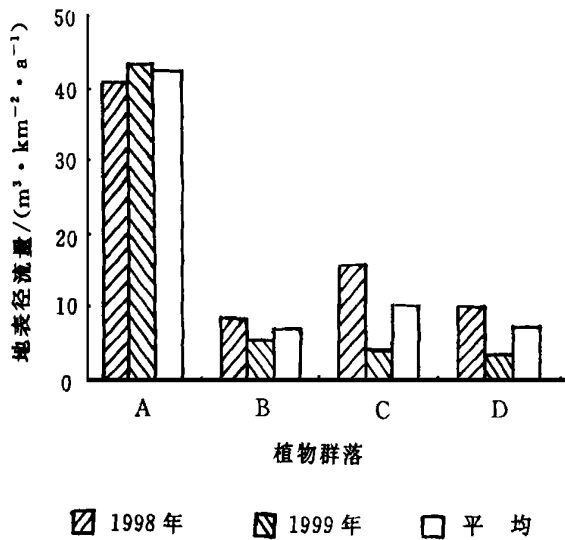
## 3 结果与分析

### 3.1 不同人工林植物群落地表径流量和土壤侵蚀量的差异

不同人工林群落 1998, 1999 年地表径流量和土壤侵蚀量及其平均值见图 1, 2。从图可看出, 不同群落地表产流量顺序是无林地 > 桉树植物群落 > 直干桉—黑荆混交林群落 > 云南松植物群落。土壤年蚀量顺序是: 无林地 > 直干桉植物群落 > 云南松植物群落 > 直干桉—黑荆混交林群落和直干桉—黑荆混交林群落。云南松植物群落、直干桉植物群落与无林地对照相比, 地表径流量和土壤侵蚀量分别是无林地对照的 16.4%, 24.19%, 17.07%; 11.2%, 23.97%, 10.78%。在 3 种人工林群落中, 直干桉—黑荆混交林群落和云南松植物群落具有较强的控制径流和土壤侵蚀的能力, 直干桉植物群落控制能力较差。

### 3.2 不同植物群落土壤 N, P, K 损失率

图 3 表明, 地表总 N, P, K 损失顺序分别是无林地 > 直干桉—黑荆混交林群落 > 直干桉植物群落 > 云南松植物群落; 无林地 > 直干桉植物群落 > 直干桉—黑荆混交林群落 > 云南松植物群落; 无林地 > 直干桉植物群落 > 直干桉—黑荆混交林群落 > 云南松植物群落。无林地在这 3 种元素的损失率分别是云南松植物群落、直干桉植物群落和直干桉—黑荆混交林群落的 5.23, 1.68, 1.65 倍, 8.37, 2.37, 3.86 倍和 10.96, 3.01, 4.34 倍。结果表明人工林植物群落减少 N, P, K 营养元素损失能力十分显著; 在人工林植物群落中又以云南松群落和直干桉群落较强。



图中 A= 无林地对照; B= 云南松植物群落; C= 直干桉植物群落; D= 直干桉-黑荆混交林群落。以下图、表中符号意义相同

图 1 不同人工林植物群落地表径流量

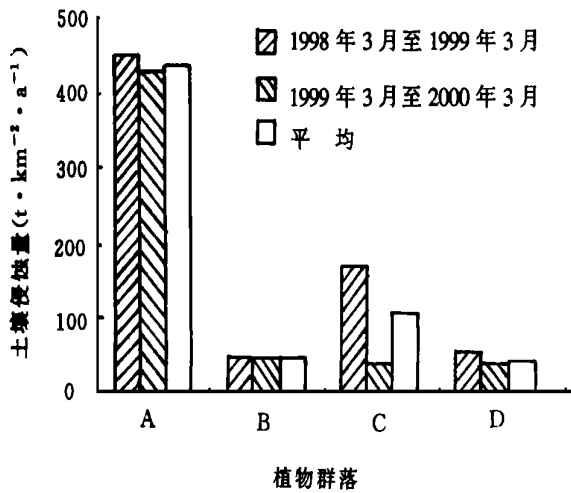


图 2 不同人工林群落地表土壤侵蚀量

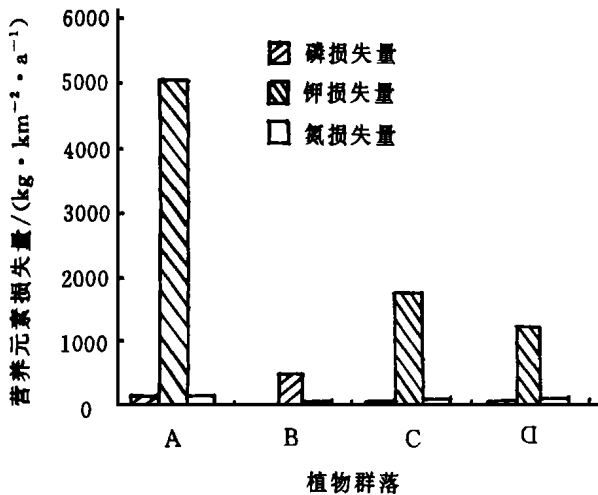


图 3 不同植物群落土壤 N, P, K 损失率

### 3.3 不同人工林群落土壤抗蚀性差异

土壤抗蚀性主要体现于土壤水稳性、黏结性和透水性能,可分别由水稳性团粒、有机质含量和硅矾比 3 个指标反映。由图 4 可以看出,土壤水稳性团粒含量及硅矾比高低顺序分别是云南松植物群落> 直干桉-黑荆混交林群落> 无林地对照;有机质含量在 3 种人工林植物群落土壤中基本接近。这一结果表明,人工林植物群落有利于提高土壤抗分散能力、黏结能力和透水性能;在人工林植物群落中,此种作用又以直干桉-黑荆混交林群落和云南松植物群落较强。

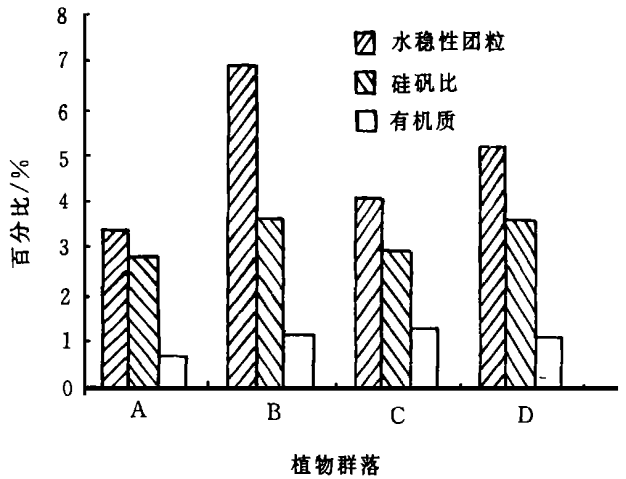


图 4 不同群落土壤硅矾比、水稳性团粒及有机质百分比

### 3.4 不同人工林植物群落土壤持水性的差异

由图 5 可见,土壤水分持水性直接影响着群落土壤吸纳径流和供给植物生长的能力。

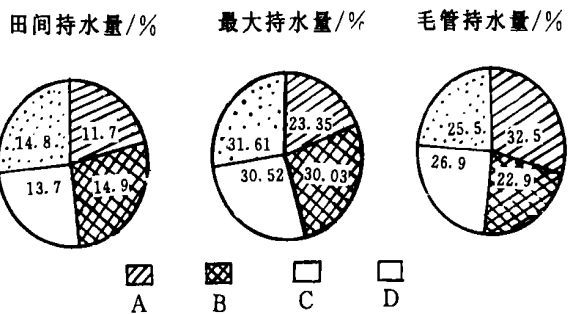


图 5 不同人工林群落土壤持水性能

测定表明:(1) 土壤最大持水量大小顺序是直干桉-黑混交林群落> 直干桉植物群落> 云南松植物群落> 无林地对照;(2) 毛管持水量大小顺序是无林地> 直干桉植物群落> 直干桉-黑荆混交林群落> 云南松植物群落;(3) 田间持水量大小顺序是: 无林地对照最低,人工林群落间比较接近。这表明,人工林群落明显改善了土壤吸纳径流的能力和供给植物水分的能力。

### 3.5 不同人工林群落对土壤孔隙度的影响

由图 6 可以看出,直干桉—黑荆混交林群落和云南松植物群落具有高比例的总孔隙,直干桉植物群落和无林地对照总孔隙较低。总孔隙高,有利于径流下渗,减轻土壤侵蚀。非毛管孔隙以云南松植物群落最高,直干桉—黑荆混交林群落较低。云南松非毛管孔隙高的原因,有可能是针叶林土壤酸性淋溶作用较强,使一些易溶解的物质向下层土壤运动,在上层土壤形成了较大的孔隙,这有利于地表径流的下渗,减少径流量,控制土壤侵蚀。毛管孔隙以直干桉—黑荆混交林植物不同人工林群落土壤孔隙状况群落较高,云南松植物群落和无林地较低,这说明混交林地、无林地毛管发达,有利于水分向上运动,增加水分供给。总体看,人工林群落有利于土壤孔隙状况的改善,促进径流下渗,减轻水土流失;在人工林中,又以直干桉—黑荆混交林群落和云南松植物群落较优。

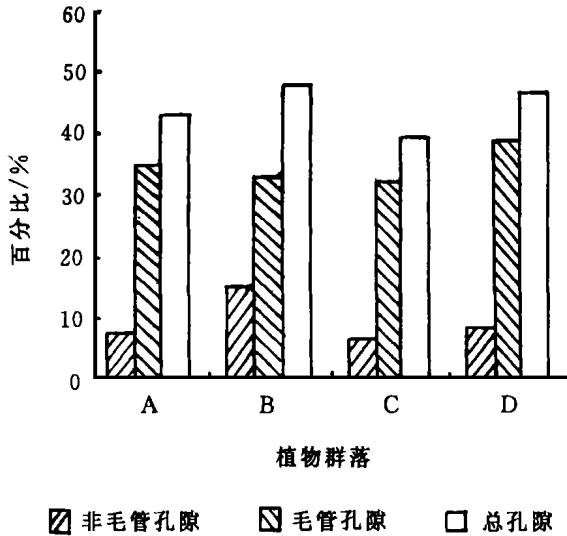


图 6 不同人工林群落土壤孔隙状况

### 3.6 不同人工林群落对土壤全 N, P, K 含量的影响

由表 1 可以看出,在人工林植物群落中,土壤有机质均高于无林地对照,这主要是由于人工林群落积累较多的枯落物,增加了土壤有机质的积累。在人工林植物群落中又以云南松植物群落含量较高,直干桉—黑荆混交林和直干桉植物群落次之。土壤全氮含量人工林群落也明显高于无林地,这有可能是由于林地有机质积累及分解使土壤中全 N 含量增加了。土壤全钾含量人工林群落土壤都显著地低于无林地,在人工林群落土壤中,又以直干桉—黑荆混交林最高,这可能是由于人工林植物群落吸收较多的缘故。云南松植物群落土壤有机质高于混交林和直干桉植物群落土壤主要是由于枯落物产量较高。全氮含量混交林显著高于无林地对照和其它林地,这可能主要是

有固氮树种黑荆的存在。总体来说,人工林群落土壤有机质和全 N 的积累有上升趋势,全磷和全钾积累有下降趋势;直干桉—黑荆混交林群落土壤总氮磷钾含量较高,有利于维持地力。

表 1 不同人工林群落对土壤总氮、磷、钾含量的影响

植物群落	有机质/ %	全磷/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全氮/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全钾/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
A	0.70	0.37	0.031	13.57
B	1.26	0.32	0.047	8.59
C	1.12	0.37	0.047	10.33
D	1.14	0.37	0.065	11.04

表 2 不同人工林群落土壤速效氮磷钾的含量  $\text{mg}/\text{kg}$

植物群落	速效磷	速效钾	速效氮
A	9.26	43.86	61.70
B	14.83	37.50	88.70
C	13.86	46.13	78.23
D	13.76	97.07	83.17

表 2 表明,土壤速效氮和速效磷含量人工林群落土壤显著地高于无林地对照;在人工林植物群落中土壤速效氮以云南松植物群落和直干桉—黑荆植物群落较高;土壤速效磷在人工林群落中差异不明显。土壤速效钾含量以直干桉—黑荆混交林地含量最高,其次是直干桉植物群落和无林地。从不同植物群落速效养分含量与无林地对照差异表明不同人工林群落对改善这 3 种养分的供给具有显著作用。

## 4 讨论

### 4.1 不同人工林群落调控径流和防治土壤侵蚀功能

人工林植物群落与无林地相比,由于土壤抗蚀性强;土壤最大持水量数值大;土壤非毛管孔隙比例高,能促进地表径流下渗,因而,地表径流量小,有利于控制地表土壤侵蚀。一般人工林群落地表产流量仅占无林地对照的 25%,土壤侵蚀量仅占无林地对照的 30%。在人工林植物群落中,直干桉—黑荆混交林植物群落云南松植物群落控制地表径流和土壤侵蚀能力最强。直干桉植物群落最低。就直干桉植物群落土壤侵蚀量大的原因或许主要是:(1)乔木林覆盖度低,雨滴溅蚀特别严重;(2)以直干桉为建群种的植物群落土壤抗蚀性差;(3)直干桉植物群落土壤物理性质不利于地表径流的下渗<sup>[10]</sup>。(4)一种观点认为,栽植直干桉等桉树属植物不利于培肥地力,种植桉树因对其它植物的化感作用使群落中下层物种变少,被认为是“空中绿化”,群落内物种的稀少必然会影响群落各层次拦截体系的能力,因而,水土流失

不易控制,桉树林被说成是“远看青山在,近看水士流”的一种群落。然而,在笔者的实验地,直干桉植物群落内,存在着较高的草本生物量和较多的植物品种,这和上述观点有一定的差异。云南松群落、桉—黑混交林群落土壤侵蚀量较小,其原因恰恰与上述因素相反。

#### 4.2 人工林群落与土壤抗蚀性间的关系

人工林群落由于能增加有机质的积累,能提高土壤黏结性能;植物根系的物理作用能促进土壤微团粒的黏结,有利于形成良好的土壤结构,提高土壤孔隙率和持水量,增强土壤水力侵蚀条件下的抗分散能力和透水性能,提高土壤抗蚀性。在人工林群落中,以直干桉—黑荆混交林和云南松植物群落对土壤抗蚀性的改善作用最明显。从本研究看,通过土壤 Si/V、有机质含量、水稳性团粒百分比高低 3 个指标可以很好地反映不同土壤抗蚀性。由于土壤有机质含量和水稳性团粒与不同人工林群落有关,Si/V 主要与土壤母质有关,抗蚀性因子可以分解成母质因子、植被因子,通过植被生物量、枯落物量和分解速率等因素和土壤类型似应可以将不同时空的土壤可蚀性量化,建立可蚀性分区系统<sup>[8]</sup>。

#### 4.3 人工林群落对土壤的改良作用

由于人工林群落对土壤侵蚀的控制,减少了相应营养元素的损失率,有利于培肥地力。人工林地生物量的增加,有利于枯落物积累并归还土壤,有利于增加土壤有机质,改善土壤营养状况和土壤物理性质。但土壤中有些营养元素含量与无林地土壤相比,由于植物的吸收,含量可能会下降。

(上接第 7 页)

90 年代,黄河流域的断流现象引起了国人的高度重视,虽然断流的主要成因是由于降雨偏少和黄河水的高开发利用率,但黄河水资源总量的 33% 来源于黄土高原的总径流,黄土高原综合治理的减流作用必然减少对黄河水资源的供给,促进断流的形成<sup>[1,2]</sup>。黄土高原的水土保持综合治理以工程措施和生物、农业措施为主,工程措施对流域下垫面的影响大,减流程度高,而生物、农业措施的生态、经济效益明显,且减流作用相对较弱,这一结论说明为减少黄土高原生态环境建设对黄河水资源的潜在影响,其治理应以生态、农业措施为主。

#### [ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 李玉山. 黄土高原治理开发与黄河断流的关系[ J ], 水土保持通报, 1997, 17(6): 41—45.

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] Morgan R P C. Soil Erosion and Conservation[ M ]. Group. U. K, 1996. 25—98.
- [ 2 ] Hudson N W. Soil Conservation[ M ]. Second Edition, Cornell University Press, 1981.
- [ 3 ] Richard Lee. Forest Hydrology[ M ]. Columbia University Press. 1981. 58—60.
- [ 4 ] 张万儒. 森林土壤学实验[ M ]. 北京: 中国林业出版社, 1981. 1—59.
- [ 5 ] 南京土壤研究所. 土壤理化分析[ M ]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 95—156.
- [ 6 ] 余清珠. 半干旱黄土丘陵沟壑区人工混交林土壤抗蚀性研究初报[ J ]. 水土保持通报, 1990, 10(5): 5—10.
- [ 7 ] Saeed M. Asif, salir A W. Antimicrobial studies of the constituents of Pakistani Eucalyptus oils. Journal of Faculty of Pharmacy of GaZi[ J ], 1995, 12(2): 129—140.
- [ 8 ] Ewers Bren T, Dan Binkly. Influence of adjacent stand on spatial pattern of carbon and nitrogen in Eucalyptus and Albizzia plantations. Canadian Journal of Forestry Research [ J ]. 1996, 26(8): 1501—1503.
- [ 9 ] 李昆, 等. 元谋干热河谷人工林地的水分输入与土壤水分研究[ J ]. 林业科学研究, 1995, 8(6): 651—657.
- [ 10 ] 杨曾奖, 等. 桉树与固氮树种混交对地力及生物量的影响[ J ]. 广东林业科技, 1985(2): 10—16.
- [ 11 ] 王震洪. 桉树作为云南省水土保持林主要树种的思考[ J ]. 中国水土保持, 1992(1): 31—34.
- [ 12 ] 黄卓烈. 桉树体内的生根抑制物质研究综述. 林业科学研究[ J ], 1994, 17(3): 319—324.
- [ 13 ] 王震洪, 等. 我国桉树发展中的生态问题探讨[ J ]. 生态学杂志, 1998, 17(6): 64—68.
- [ 14 ] 国家自然科学基金委员会. 林学[ M ]. 北京: 科学出版社, 1996. 12—26.

- [ 2 ] 康绍忠, 宋孝玉, 李永杰. 关于黄土高原生态农业建设与黄河断流若干重大基础理论问题研究的建议[ J ], 人民黄河, 1999, 21(3): 17—19.
- [ 3 ] 陈齐巍, 穆新民. 黄河断流的根源与对策[ J ], 自然资源学报, 2000, 15(1): 31—35.
- [ 4 ] 思明. 黄河断流昭示我们更加重视流域生态平衡问题[ M ], 黄河断流与流域可持续发展, 北京: 中国科学出版社, 1997. 180—188.
- [ 5 ] 黄明斌, 康绍忠, 李玉山. 黄土高原沟壑区森林和草地小流域水文行为的比较研究[ J ], 自然资源学报, 1999, 14(3): 226—231.
- [ 6 ] 黄明斌, 康绍忠, 李玉山. 黄土高原沟壑区小流域水分环境演变研究[ J ], 应用生态学报, 1999, 10(4): 411—414.
- [ 7 ] 黄明斌, 邵明安, 李玉山. 一个改进的随机动力学水平衡模型与应用研究 II: 应用分析[ J ], 水利学报, 2000, 5.
- [ 8 ] 汤立群, 陈国祥. 水土保持减水减沙效益计算方法研究[ J ], 河海大学学报, 1999, 1: 9—13.