

水土保持功能型植物保水保土效应分析与评价——以伊犁地区公路建设为例

李伟¹, 李宏钧¹, 刘涛¹, 宝玉² (1. 交通运输部科学研究院, 北京 100029; 2. 新疆尉犁路政管理局, 新疆尉犁 841500)

摘要 [目的] 筛选伊犁地区公路建设中保水保土效应较好的植物。[方法] 以裸露边坡为对照, 研究了细茎冰草、高羊茅、披碱草、红豆草、紫花苜蓿、柠条、紫穗槐 7 种植物在路基边坡覆土种植后的保水保土效应。[结果] 7 种植物在不同配置、不同覆土厚度和不同禾豆比例下的保水保土效果存在显著差异。通过差异分析和土壤侵蚀模数对比, 发现紫花苜蓿、红豆草具有较好的水土保持效果, 对新疆伊犁地区公路工程边坡绿化适应性强。[结论] 最佳保水保土效应的植物配置为细茎冰草、高羊茅、披碱草、紫花苜蓿、红豆草、柠条; 覆土厚度 10 cm 时无论何种配置下的保水保土效应表现都为最佳。

关键词 紫花苜蓿; 豆科植物; 水土保持效应; 新疆伊犁地区

中图分类号 S157 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)29-0061-04

Analysis and Assessment on Soil and Water Conservation Effect of Several Leguminous Plants——Taking Highway Construction in Yili Area as an Example

LI Wei, LI Hong-jun, LIU Tao et al (China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029)

Abstract [Objective] To screen plants with better water and soil conservation effects in highway construction in Yili. [Method] Taking bare slope as control, the soil and water conservation effect of *Agropyron cristatum*, *Festuca elata*, *Elymus dahuricus*, *Onobrychis vicifolia*, *Medicago sativa*, *Caragana korshinskii*, *Amorpha fruticosa* seven leguminous herbs that were planted on roadbed slope was analyzed and assessed.

[Result] The results showed that there were significant differences in soil and water conservation effect of seven leguminous herbs. By variance analysis of erosion modulus, it was concluded that alfalfa and sainfoin had the best effectiveness of soil and water conservation and growth adaptability on subgrade slope. [Conclusion] The optimum plant allocation of water and soil conservation effect was *Agropyron cristatum*, *Festuca elata*, *Elymus dahuricus*, *Onobrychis vicifolia*, *Medicago sativa*, *Caragana korshinskii*, *Amorpha fruticosa*; soil thickness of 10 cm regardless of the configuration of the water and soil conservation effect was the best.

Key words Alfalfa; Leguminous plants; Soil and water conservation effect; Yili area of Xinjiang

随着“新丝绸之路经济带”发展战略的推进, 新疆公路建设实现了历史性飞跃, 不仅大大改善了城乡交通条件, 同时也对工程沿线的生态环境造成了一定程度的破坏^[1-2]。就新疆伊犁河谷地区脆弱的生态环境而言, 公路建设诱发的水土流失问题严重, 逐渐引起了社会的广泛关注, 单一景观功能的植被恢复建设已难以满足公路建设理念的发展需要。如何在路基裸露边坡上建立稳定合理的植物群落, 营造复层的植被结构, 并将水土保持功能型植物融入路基边坡绿化, 发挥符合生态长久的保护效果, 是植被恢复学家的最终目标^[3-4]。本研究针对伊犁地区公路建设中存在的水土保持问题, 借鉴国内外公路建设水土保持功能型植物配置技术的经验, 从植物筛选、保水保土效应等两方面入手, 筛选出生长迅速、抗逆性强、管养方便、经济价值高的植物, 以期新疆伊犁地区类似环境区域的公路工程建设提供参考。

1 内容与与方法

1.1 试验区自然概况 试验区位于新疆伊犁哈萨克自治州境内的“S242 线巩留至尼勒克公路工程”, 地理坐标为 82°15'25" ~ 82°25'33"E, 43°35'0.5" ~ 43°49'47"N, 属于天山北麓阿布热勒山区, 大陆性温带半干旱气候区, 年平均降雨量 316.55 mm, 年平均风速 1.14 m/s。土壤以灰钙土、潮土为主, 林草植被覆盖度 30% ~ 60%^[5]。

1.2 研究内容

1.2.1 伊犁地区公路工程水土保持功能型植物筛选研究。

在广泛调查伊犁地区植物资源的基础上, 结合公路工程已有的植物资源保护技术研究成果, 本着“乡土植物为主, 适地适生”的原则, 初步选择具有良好保水保土功能且生长抗逆性强的植物, 通过试验分析对所选植物的固土保水功能进行评价, 筛选出适宜伊犁地区的水土保持植物。

1.2.2 水土保持功能型植物在不同配置情况下水土保持效应分析。 通过对试验区的水土流失情况进行定位观测, 研究试验区的保水保土效应分析, 为水土保持功能型植物筛选提供依据。

1.3 研究方法

1.3.1 试验小区布设。 2015 年春在“S242 线巩留至尼勒克公路”K29+900 ~ K30+100 段布设试验小区, 选择 45° ~ 48° 的路基边坡, 平整坡面, 再按试验设计客土回覆 5、10、15 cm 3 种厚度腐殖土。共布设 30 个试验小区, 小区面积均为 5 m × 5 m。具体配置见表 1~4。试验小区布设见图 1。

表 1 植物的种类

Table 1 Species of plants

类型 Type	科名 Family	种名 Species	拉丁名 Latin name
草本 Herbaceous	禾本科	细茎冰草	<i>Agropyron cristatum</i>
		高羊茅	<i>Festuca elata</i>
		披碱草	<i>Elymus dahuricus</i>
	豆科	红豆草	<i>Onobrychis vicifolia</i>
		紫花苜蓿	<i>Medicago sativa</i>
灌木 Shrub	豆科	柠条	<i>Caragana korshinskii</i>
		紫穗槐	<i>Amorpha fruticosa</i>

1.3.2 观测指标与分析方法。

1.3.2.1 观测指标^[6]。 径流系数是一定汇水面积内总径流量(mm)与降水量(mm)的比值, 是指任意时段内的径流深度

基金项目 北疆垦区公路植被生态修复与敏感水体保护技术推广应用 (2014 316 T11 040)。

作者简介 李伟(1983—), 男, 内蒙古通辽人, 助理工程师, 从事水土保持研究。

收稿日期 2017-08-16

表2 不同植物配置小区

Table 2 Different plant allocation plots

编号 No.	细茎冰草 <i>Agropyron cristatum</i> //g	高羊茅 <i>Festuca elata</i> //g	披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> //g	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i> //g	红豆草 <i>Onobrychis vicifolia</i> //g	植物 Botany
甲 A	250	125	75	175	75	
乙 B	125	250	75	175	75	
丙 C	250	125	75	175	75	柠条点播
丁 D	125	250	75	175	75	紫穗槐点播

注:覆土厚度 10 cm,播种量 700 g;对照为不播种

Note:Cover soil thickness is 10 cm,the sowing rate is 700 grams;contrast treatments do not seed

表3 不同覆土厚度小区

Table 3 Different soil thickness plots

编号 No.	覆土厚度 Soil cover thickness	细茎冰草 <i>Agropyron cristatum</i> g	高羊茅 <i>Festuca elata</i> g	披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> g	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i> g	红豆草 <i>Onobrychis vicifolia</i> g
丙-a C-a	5	250	125	75	175	75
丙-b C-b	10	125	250	75	175	75
丙-c C-c	15	250	125	75	175	75

注:覆土厚度 10 cm,播种量 700 g;对照为不播种;各处理的播种方式均为柠条点播

Note:Cover soil thickness is 10 cm,the sowing rate is 700 grams;contrast treatments do not seed;All treatments are *Caragana korshinskii* spaced sowing

表4 不同禾豆比配置小区

Table 4 Different grain to beans ratio plots

编号 No.	禾豆比 Grain to beans ratio	细茎冰草 <i>Agropyron cristatum</i> g	高羊茅 <i>Festuca elata</i> g	披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> g	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i> g	红豆草 <i>Onobrychis vicifolia</i> g
丙-I C-I	7:2	250	125	75	175	75
丙-II C-II	7:4	250	175	100	100	75

注:播种量 700 g;对照为不播种;各处理的播种方式均为柠条点播

Note:The sowing rate is 700 grams;contrast treatments do not seed;all treatments are *Caragana korshinskii* spaced sowing



注:a. 试验区清理;b. 试验区覆土;c. 播种供试植物;d. 洒水养护

Note:a. Test area cleaning;b. Test area covering soil;c. Seeding test plants;d. Sprinkler maintenance

图1 试验小区布设

Fig.1 Test plot layout

y (或径流总量 W)与同时段内的降水深度 x (或降水总量)的 比值,它综合反映自然地理要素对径流的影响。计算公式为

$a = y/x$ 。而其余部分水量则损耗于植物截流、填洼、入渗和蒸发。径流系数越小,说明小区内植物的截流作用越大,土壤入渗能力越明显。

保水效应及保土效应是指同一时段相同降雨条件下有植物措施的小区与对照小区相比,减少径流量与侵蚀量占对照小区径流量与侵蚀量的百分比。

保水效应: $C_w = (1 - W/W_{CK}) \times 100\%$

保土效应: $C_s = (1 - S/S_{CK}) \times 100\%$

式中, C_w 和 C_s 分别为保水效应和保土效应; W 和 S 分别为试验小区的径流量和土壤冲刷量; W_{CK} 和 S_{CK} 分别为对照小区的径流量和冲刷量^[7]。

1.3.2.2 分析方法。 水土流失观测时段为 2015 年 5 月至 2016 年 11 月,小区布设后每月监测 1 次。降雨量数据从中国气象数据网获取,侵蚀量通过侵蚀沟测量确定,共得到 18 个月的连续水土流失观测数据。采用对比分析方法,分析不同植物配置、不同覆土厚度及不同禾豆比例下蓄水保土能力的强弱,筛选出水土保持效应最显著的植物配置、覆土厚度及禾豆植物比例。

1.4 数据统计 利用 Office 对数据进行整理,利用 SPSS 20.0 对数据进行统计分析。

2 结果与分析

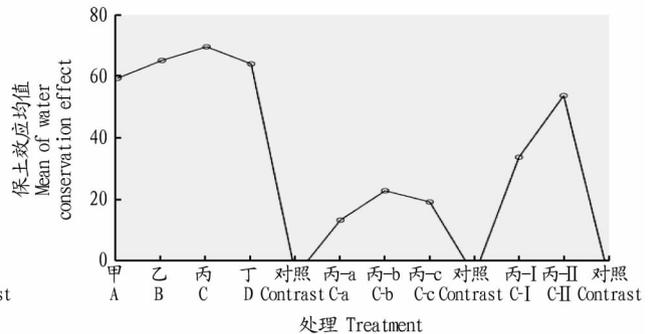
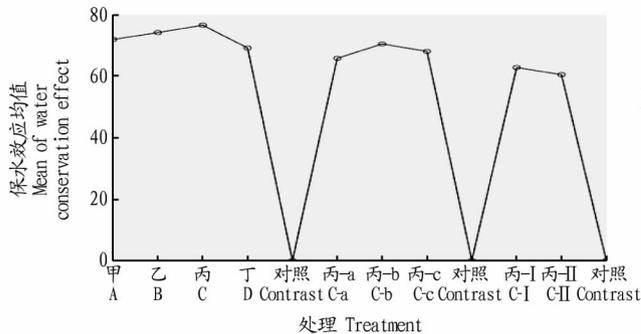


图 2 不同处理的保水保土效果比较

Fig. 2 Comparison of soil and water conservation with different treatments

2.2 不同处理的水土流失防治效应 土壤侵蚀模数是单位面积、单位时间内侵蚀量的大小,是表征土壤侵蚀强度的指标。根据水利部最新颁布的《土壤侵蚀分类分级标准 SL 190—2007》中关于水力侵蚀强度分级标准的规定^[8],2015 年试验区的对照小区表现为强烈侵蚀,其他配置小区表现为轻度侵蚀。2016 年对照区侵蚀强度为轻度至微度,其他配置小区侵蚀强度降到微度。由此可以得知,在降雨(雨量及强度)条件相当与或低于 2016 年的年份,不同配置试验区供试植物在种植第 2 年均可以控制种植区土壤侵蚀量低于第 1 年土壤侵蚀量,满足水土保持功能要求。

2.2.1 不同植物配置小区保水保土效应分析。 通过图 3、4 可知,由于试验区于 2015 年春季布设,观测到的降雨量少,且早期植物未生长成型,植物截流作用弱,表土多裸露,抗冲刷能力小,导致 2015 年保水效应和保土效应比 2016 年度差。丙组试验区在观测期内的保水、保土效应均比其他试验区强,差异性较显著。

2.1 不同处理下水土保持效果的差异性 2015、2016 年观测期的降雨量分别为 107.2 和 263.4 mm,产流次数分别为 4、6 次。

方差分析(ANOVA)表明,不同植物配置试验区保水效应显著性 Sig 值均小于 0.05 的显著水平,表明 7 种植物在不同配置、不同厚度区及不同禾豆比例情况下保水效应存在显著性差异。

由图 2 可知,混播试验区与对照小区之间保水、保土效应差异明显,同时各混播小区之间也存在差异。从植物配置区保水保土效应均值分布情况了解,各处理的保水保土效应从大到小依次为丙、乙、甲、丁、对照;覆盖厚度区各处理的保水保土效应从大到小依次为丙-b、丙-c、丙-a、对照;禾豆比区各处理的保水效应从大到小为丙-I、丙-II、对照,保土效应从大到小为丙-II、丙-I、对照。由此得出,筛选的适地适生植物在不同配置和不同厚度覆土层以及不同禾豆比例情况下,保水保土效应具有显著差异。

根据以上保水保土效应分布情况可知,最佳保水保土效应的适地适生植物配置为丙配置(细茎冰草、高羊茅、披碱草、紫花苜蓿、红豆草、柠条);植物最佳生长覆土厚土为 10 cm(丙-b);最佳禾豆比例为丙-I(7:2)。从试验区植被分布调查了解,长势最好的植物为紫花苜蓿和红豆草。

2.2.2 不同覆土厚度小区保水保土效应分析。 通过图 5、6 可知,2015 年保水、保土效应比 2016 年差。丙-b 组试验区在观测期内的保水、保土效应均比其他试验区强,差异显著。

2.2.3 不同禾豆比例小区保水保土效应分析。 通过图 7、8 可知,2015 年保水、保土效应比 2016 年差。丙-I 组试验区保水效应略强于丙-II 组试验区,但丙-II 组试验区保土效应略强于丙-I 组试验区,检验数据总体差异不显著。

由表 5 可知,2016 年植物配置区供试植物土壤侵蚀模数从小到大依次为丙、乙、甲、丁、对照;覆盖厚度区各供试植物土壤侵蚀模数从小到大依次为丙-b、丙-c、丙-a、对照;禾豆比区各供试植物土壤侵蚀模数从小到大依次为丙-II、丙-I、对照。

由此可以判断出,最佳水土流失防治效益的植物配置为丙配置(细茎冰草 250 g、高羊茅 125 g、披碱草 75 g、紫花苜蓿 175 g、红豆草 75 g、柠条点播);植物生长最佳覆土厚土为 10 cm(丙-b);最佳水土流失防治效益的禾豆比例为丙-II(7:4)。

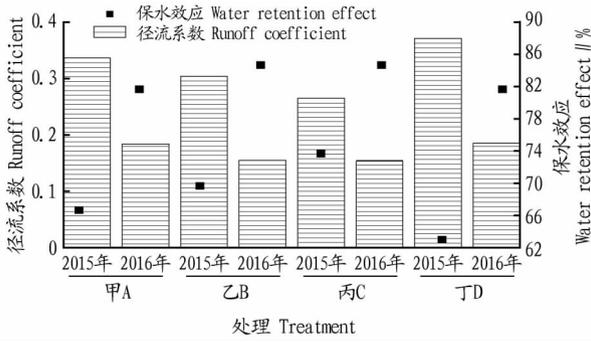


图3 不同植物配置的保水效应

Fig. 3 Water retention effect of different plant configurations

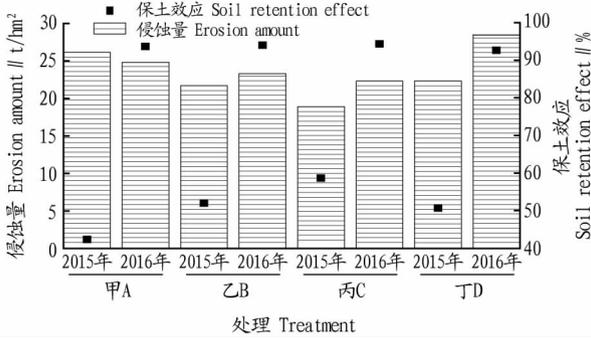


图4 不同植物配置的保土效应

Fig. 4 Soil conservation effects of different plant configurations

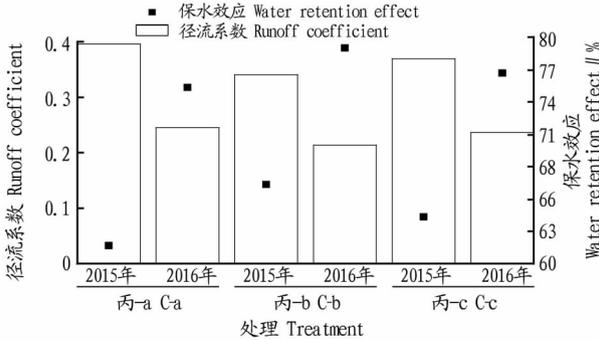


图5 不同覆土厚度的保水效应

Fig. 5 Water retention effect of different thickness of covering soil

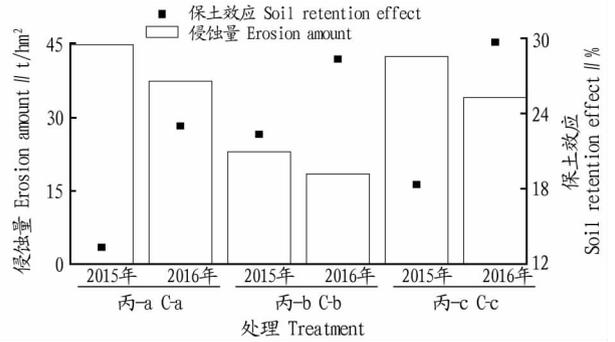


图6 不同覆土厚度的保土效应

Fig. 6 Soil conservation effect of different soil thickness

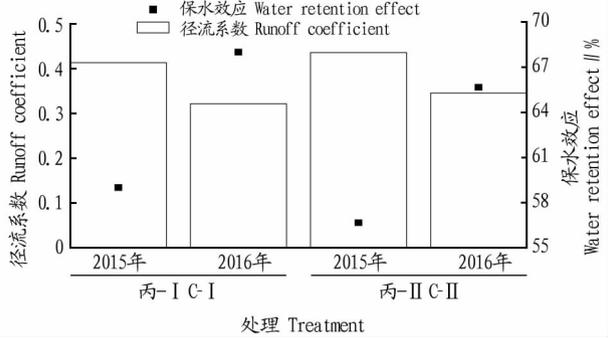


图7 不同禾豆比的保水效应

Fig. 7 Water retention effect of different grain to beans ratio

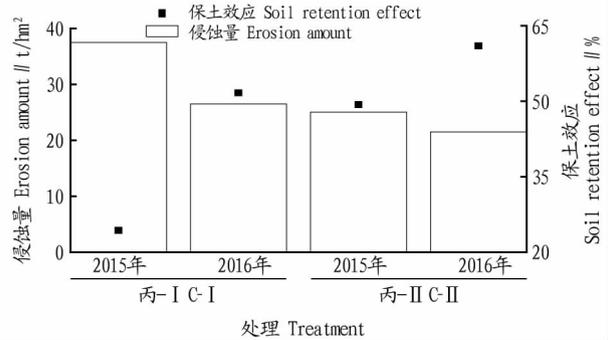


图8 不同禾豆比的保土效应

Fig. 8 Soil conservation effect of different grain to beans ratio

表5 不同配置试验区供试植物水土流失防治效应显著性计算

Table 5 Control effects of soil erosion on plants in different allocation experimental plots

小区配置 Test plot allocation	处理 Treatments	侵蚀量 Erosion amount // t/hm ²		侵蚀模数 Erosion modulus // t/(km ² · a)	
		2015年	2016年	2015年	2016年
植物配置小区 Plant allocation plot	甲	26.161	24.833	4 484.8	1 862.5
	乙	21.709	23.333	3 721.5	1 750.0
	丙	18.917	22.333	3 242.9	1 675.0
	丁	21.316	32.000	3 654.2	2 400.0
	对照	45.449	390.000	7 791.3	2 925.0
覆盖厚度区 Coverage plot	丙-a	45.283	37.500	7 762.8	2 812.5
	丙-b	23.037	18.500	3 949.1	2 081.2
	丙-c	42.555	34.167	7 295.1	2 562.5
	对照	52.138	48.500	8 938.0	3 637.5
	禾豆比区 Grain to beans ratio	丙-I	37.491	26.500	6 426.9
	丙-II	25.042	21.500	4 292.8	1 612.5
	对照	49.371	55.000	8 463.6	4 125.0

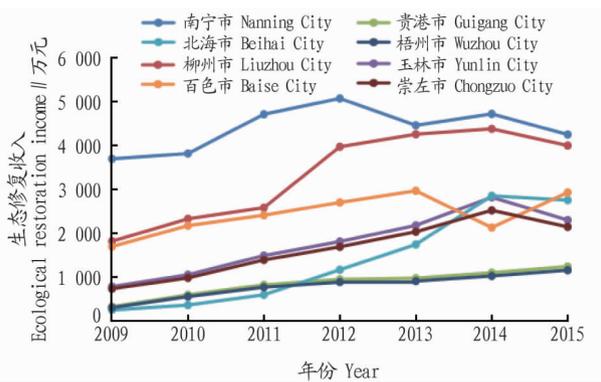


图3 2009—2015年广西地区桉树人工林生态修复投入统计

Fig.3 Income statistics of ecological restoration of *Eucalyptus robusta* plantations in Guangxi during 2009 – 2015

为0.4,其主要原因是桉树人工林经营在北海市经营项目不完善,尚未进行大面积合理经营规划。在环境恢复能力的调查中,南宁市桉树人工林的评价价值最高,达到0.778,表明南宁市桉树人工林产业在广西地区分布较广,影响较大,市场占有率有力强(表5)。

表5 广西各地区桉树人工林生态健康调查结果

Table 5 Investigation results of ecological health of *Eucalyptus robusta* plantations in Guangxi

地区 Region	资源有效利用能力 Effective utilization of resources	环境恢复能力 Environmental restoration capability
南宁市 Nanning City	0.872	0.778
柳州市 Liuzhou City	0.812	0.724
贵港市 Guigang City	0.666	0.553
玉林市 Yunlin City	0.514	0.458
北海市 Beihai City	0.339	0.302
百色市 Baise City	0.602	0.563
梧州市 Wuzhou City	0.631	0.563
崇左市 Chongzuo City	0.532	0.475

(上接第64页)

3 结论

(1)通过对2016年观测数据进行方差分析可知,7种植物不同配置对试验区保水保土效应存在显著差异;最佳保水保土效应的植物配置为丙配置(细茎冰草250g、高羊茅125g、披碱草75g、紫花苜蓿175g、红豆草75g、柠条点播);覆土厚度10cm时无论何种配置下的保水保土效应表现均为最佳。

(2)通过禾豆比试验可知,适当增加豆科植物的配比,可提高早期植被盖度和生长密度,改变土壤成分结构,提高土壤的抗冲抗蚀性。

参考文献

[1] 陈雷,孙西平. 高速公路水土流失的原因及防治对策[J]. 交通标准化,

3 结论与讨论

(1)该研究对广西8个代表性桉树人工林城市的生态效益进行分析,结果表明:从生态价值指标评价、环境要素指标评价和生态健康评定3个方面,统计出南宁市、玉林市、崇左市的生态投入均高于总产值的50%;在环境恢复能力的调查中,南宁市桉树人工林的评价价值最高,达0.778;桉树人工林单项生态服务价值量从小到大依次为净化空气价值、水源涵养价值、固碳释氧价。在评定生态健康指标中,综合生态效益价值进行计算可得到:生态健康价值=固碳释氧价值+水源涵养价值+净化空气价值。因此,广西各地区桉树人工林生态健康价值平均为16.51万元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。

(2)为更好地发展桉树人工林,应注重改善其发展策略,着重从经营模式转向良种改良、提高林分生态系统稳定性、制定科学的经营管理措施并加大技术推广和宣传、科学规划建立基地长期生态环境质量定位检测体系及适度开发体验性生态旅游、强化生态环保意识等方面采取措施。

参考文献

- [1] 常书铭. 浅论生态补偿机制构建:以山西省汾河水库上游水源涵养区为例[J]. 中国水利,2015(4):17-20.
- [2] 张顺恒,陈辉. 桉树人工林的水源涵养功能[J]. 福建林学院学报,2010,30(4):300-303.
- [3] 黄本胜,洪昌红,邱静,等. 桉树土壤持水能力研究[J]. 水利水电技术,2015,46(6):126-130.
- [4] 赵筱青,和春兰,易琦. 大面积桉树引种区土壤水分及水源涵养性能研究[J]. 水土保持学报,2012,26(3):205-210.
- [5] 邝龙飞,苏红波,邵全琴,等. 近30年来中国陆地蒸散量和土壤水分变化特征分析[J]. 地球信息科学学报,2012,14(1):1-13.
- [6] 杨海根. 桉树与卷荚相思人工混交经营技术试验研究[J]. 林业调查规划,2015,40(1):91-95.
- [7] 吴敏兰,燕一波,林丽娜. 漳州市森林生态系统固碳释氧服务功能评估[J]. 福建林业科技,2014(4):68-71.
- [8] 刘晓华. 城市森林基调树种降污功能评价研究[D]. 福州:福建农林大学,2009.
- [9] 王献溥,郭柯. 中国履行生物多样性公约的成就和展望[J]. 广西植物,2006,26(3):249-256.
- [10] 张燕. 桉树人工林混交复合生态系统效益评估[D]. 儋州:华南热带农业大学,2007.
- [11] 杨尚东,吴俊,谭宏伟,等. 红壤区桉树人工林炼山后土壤肥力变化及其生态评价[J]. 生态学报,2013,33(24):7788-7797.

2009(15):207-210.

- [2] 姚兴柱,朱启红. 高速公路建设的水土流失成因与水土保持措施[J]. 山西水土保持科技,2011(3):29-31.
- [3] 杨航卓. 公路路域植被修复技术探讨[C]//全国山区公路环境与岩土工程学术会议论文集. 重庆:中国公路学会,2008.
- [4] 乔领新,宋桂龙,韩烈保,等. 高速公路岩质边坡植被恢复初期不同植物配置模式的比较研究[C]//全国公路生态绿化理论与技术研讨会论文集. 北京:中国水土保持学会,2009.
- [5] 崔纲,刘涛. 新疆高速公路建设项目水土保持措施研究[J]. 交通运输研究,2014,2(2):34-38.
- [6] 吕刚,班小峰,雷泽勇,等. 东北黑土区坡耕地治理过程中的水土保持效应[J]. 水土保持研究,2009,16(6):51-55.
- [7] 李勇涛,李伟. 刺五加等植物在不同埂带上的保水保土效应分析与评价[J]. 水土保持应用技术,2012(5):9-12.
- [8] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准:SL190—2007[S]. 北京:中国水利水电出版社,2008.