

崔蕾,熊康宁,关智宏,等.基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理模式:以贵州撒拉溪和花江示范区为例[J].中国岩溶,2016,35(5):513-524.

DOI:10.11932/karst20160507

基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理模式 ——以贵州撒拉溪和花江示范区为例

崔蕾,熊康宁,关智宏,陈永毕,刘子琦

(1. 贵州师范大学喀斯特研究院,贵阳 550001; 2. 国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心,贵阳 550001)

摘要:本文选取贵州毕节撒拉溪与关岭一贞丰花江示范区为研究对象,通过植物多样性和土地利用调查,掌握示范区植物种类、分布状况和生长特性,土地利用状况以及土地整理程度,选育植物先锋物种,结合模式构建的理论依据和边界条件,根据石漠化土地整理工程分区治理方法,在生态型土地整理技术体系的指导下,针对两个示范区具体情况分别提出温凉喀斯特高原山地潜在轻度石漠化土地整理与混农林业复合经营模式和干热喀斯特高原峡谷中一强度石漠化土地整理与特色经果林集约经营模式。结果表明:(1)植物多样性本底调查是基于植物多样性恢复与保护的石漠化土地整理的基础,项目实施后还应对植物多样性进行动态监测。(2)土地整理规划设计应融入生态理念,构建基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理模式,有助于生态修复和重建脆弱生态环境;2011—2014年期间,毕节撒拉溪示范区植被覆盖率上升8.51%,无石漠化面积扩大22.53 hm²;关岭一贞丰花江示范区植被覆盖率上升4.47%,无石漠化面积扩大13.2 hm²。(3)模式的构建依托于技术体系,毕节撒拉溪示范区主要采用潜在轻度石漠化人工种草与草地生态改良丰产栽培技术、以金银花(*Lonicera japonica*)为主的坡地植物篱保水固土技术等进行模式构建;花江示范区选取以花椒—玉米为主的林粮空间优化配置技术、以皇竹草—苜蓿草为主的草地营养优化配置技术等构建经营模式。

关键词:土地整理;植物多样性;石漠化;模式

中图分类号:F301.24;X176

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2016)05-0513-12

0 引言

土地资源作为一切资源之首,是人类生产生活的基石^[1],是实现社会可持续发展的根本^[2],因此合理利用土地资源得到各国重视。从全球土地整理研究来看,众多学者从理论、功能、地域等不同角度提出各自的土地整理模式体系,但其目标均是单纯增加耕地面积、提高耕地质量^[3-4],土地整理工程实际往往忽略生态效益^[5],致使生物的生存空间缩小^[6],生物多

样性减少等问题。针对这些问题,学者们开始把生态环境因素考虑到土地整理工程中,二者的结合将提高土地整理的成效,尤其是生态效益^[3,7]。植物多样性是评价生态系统稳定性的重要指标,因此,土地整理工作中植物多样性的恢复和保护成为土地整理研究的前沿领域。

中国西南喀斯特地区是世界上面积最大、最集中连片的喀斯特区^[8-9],其中,贵州省是中国唯一没有平原支撑的喀斯特发育的内陆山区省份^[10],喀斯特

基金项目:国家十三五重点研发计划课题“喀斯特高原石漠化综合治理生态产业模式与技术集成示范”(2016YFC0502607);贵州省科技计划重大专项(黔科合重大专项字[2014]6007号)

第一作者简介:崔蕾(1989—),女,硕士研究生,主要研究方向为喀斯特生态建设与区域经济。E-mail:hd890316@126.com。

通信作者:熊康宁(1958—),男,教授,博士生导师,主要从事喀斯特与洞穴、喀斯特资源与环境、石漠化生态治理研究。E-mail:xiongkn@163.com。

收稿日期:2016-04-20

分布面积占全省面积的 61.92%^[11],地表破碎,石漠化现象严重,人地矛盾日益尖锐,开展生态型石漠化土地整理工作刻不容缓,而基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理是最佳选择。本文选取贵州省代表温凉春干夏湿喀斯特高原山地潜在一轻度石漠化地区的毕节撒拉溪示范区和代表干热喀斯特高原峡谷中一强度石漠化的关岭一贞丰花江示范区作为研究对象,综合石漠化土地整理工程分区治理方法和小流域土地整理模式中各部位理想功能,借助植物多样性调查结果,探讨基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理模式,以期实现喀斯特石漠化地区生态效益和经济效益的双赢。

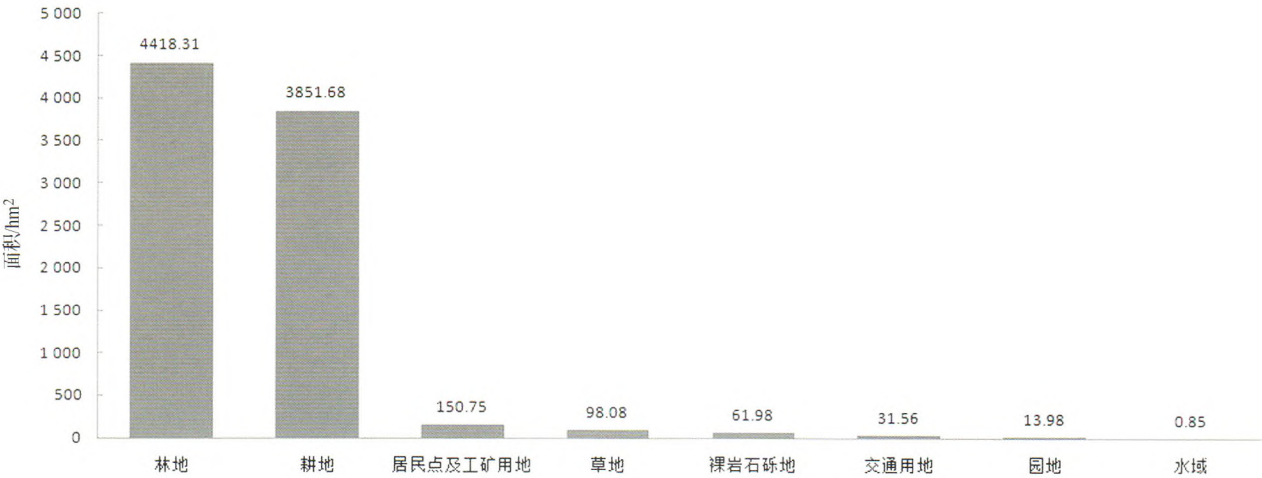


图 1 毕节撒拉溪示范区土地利用状况

Fig. 1 Situation of land use in the Salaxi demonstration area of Bijie

第一,该示范区内的土地利用以林地和耕地为主,两者共 8 269. 99 hm²,占示范区总面积的 95.85%,属于典型的农耕区。研究区地表无明显径流且饮用水资源匮乏,水田面积小。此外,建设用地主要为农村居民点和交通运输用地,以及零星独立工矿用地,面积为 182.31 hm²,占 2.11%。草地面积为 98.08 hm²,园地零星分布。高垦殖率导致岩石裸露率高,裸岩石砾地面积为 61.98 hm²。可见,土地利用结构不合理,生境破碎化已经成为示范区生态系统脆弱的主要原因。

第二,该示范区植被以亚热带针阔叶混交林和落叶阔叶林为主,植被覆盖率为 37.06%。自然植被分布较少,主要是以栎类(*Oak*)、火棘(*Pyracantha fortuneana* (Maxim.) Li)、杜鹃(*Rhododendron simsii*

1 研究区概况

1.1 撒拉溪示范区

毕节撒拉溪示范区(以下简称“撒拉溪示范区”)位于乌江上游段六冲河流域,毕节市西部的撒拉溪镇和野角乡境内,总面积 8 627. 19 hm²,喀斯特面积占总面积的 73.94%,海拔 1 600~2 000 m,属于喀斯特高原山地生态环境。区内多年平均气温 12.8℃,≥10℃年积温 3 717℃,年降水量近 984.40 mm,气候冬春温凉干旱,夏秋湿润湿热。土壤以黄壤土为主。2010 年总人口 20 215 人。该研究区 2010 年土地利用现状(图 1)与植物状况具有以下特征:

Planch)为主的藤刺灌丛,局部山坡、谷地和居民四周分布有零星的杉松(*Abies holophylla* Maxim)、白杨(*Populus tomentosa* Carr)等疏残林和幼林。经调查,区域内共有植物 129 种,隶属 3 门 57 科,银杏(*Ginkgo biloba* L)、红豆杉(*Taxus chinensis* (Pilger) Rehd)、香樟(*Cinnamomum camphora* (Linn.) Pres)为国家重点保护植物。区内自然条件多样,孕育了丰富的植物资源,加强保护现存植物物种的同时还应注重植物生境的恢复和保护。

1.2 花江示范区

关岭一贞丰花江示范区(以下简称“花江示范区”)位于贵州安顺市关岭县与黔西南自治州贞丰县交界处的北盘江峡谷花江段,总面积 5 161.65 km²,喀斯特面积占总面积的 87.92%,海拔 500~1 200

m,是贵州高原上一个典型的喀斯特峡谷区。区内平均温 18.4°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $6\,542^{\circ}\text{C}$, 年降水量 $1\,100\text{ mm}$, 气候冬春温暖干旱, 夏秋湿热。土壤以黄

壤、黄色石灰土为主。2010 年, 总人口 $8\,612$ 人。2010 年该研究区土地利用现状(图 2)与植物现状具有以下特征:

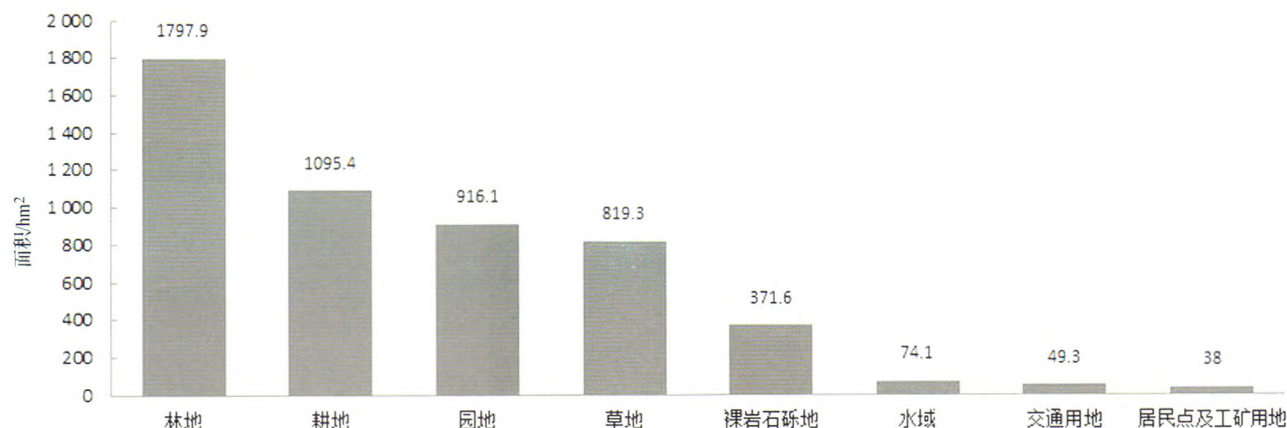


图 2 关岭—贞丰花江示范区土地利用状况

Fig. 2 Situation of land use in the Huajiang demonstration area of Guanling-Zhenfeng

第一,该示范区内土地被大量开垦,土地利用类型以林地和耕地为主。林地面积 $1\,797.9\text{ hm}^2$, 占 34.83% ;耕地面积 $1\,095.4\text{ hm}^2$, 占 21.22% ;园地和草地面积共 $1\,735.4\text{ hm}^2$, 占总面积的 33.62% ;水域、交通用地和居民点及工矿用地面积分别为 74.1 hm^2 、 49.3 hm^2 和 38 hm^2 , 分别仅占总面积的 1.4% 、 0.96% 、 0.74% 。由于受到人类活动的强烈干扰,致使示范区内出现大量裸岩石砾地 371.6 hm^2 , 对土地利用结构和稳定性造成影响,故今后基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理工作应加强对裸岩石砾地的修复。

第二,该示范区植被为亚热带常绿落叶针阔混交林,地带性植被基本被破坏,由于区内多为石旮晃地,故在一些陡峭的峰丛顶部尚残存有少数次生灌丛,植被覆盖率为 45.67% 。野生植被以窄叶火棘(*Pyracantha angustifolia* (Franch.) C. K. Schneid.)、刺梨(*Rosa roxbunghii*)、铁线莲(*Clematis florida* Thunb.)等藤、刺、灌丛为主。经调查,区域内共有植物 95 种,隶属 3 门 45 科,桫欏(*Alsophilaspinulosa* (Wall. ex Hook.) R. M. Tryon), 钟萼木(伯乐树)(*Bretschneidera sinensis* Hemsl.)都为国家 I 级重点保护植物。比较撒拉溪示范区,花江示范区自然条件恶劣,植物种类少,应加强植物生境的修复工作。

2 模式构建的理论依据和边界条件

土地整理模式的构建要以相应理论为指导且受边界条件的制约。为使模式更好地服务于石漠化土地整理工作,需确定相应的理论依据和边界条件^[12-13]。

2.1 理论依据

喀斯特石漠化地区特有的喀斯特地质结构和脆弱生态环境决定了其土地整理模式以生态型土地整理模式为主体,由于植物恢复是石漠化土地整理中的关键,故基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理模式是最佳选择。依据植物演替规律^[11],模式主要参考可持续循环平衡物种多样性发展理论进行构建。该理论是以人类持续发展为基础。

2.2 边界条件

边界条件即影响模式构建的限制因素。因此,需要在弄清楚这些限制因素的前提下因地制宜地制订适合的土地整理模式。基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理模式的构建主要受到两大条件的制约,其一是环境条件,其二是生物条件。环境条件分为三等级:第一级是喀斯特地质环境边界(包括岩性、海拔、相对高度),第二级是石漠化等级,第三级是其他立地条件(如气候、土壤等);生物条件即所选植物需要满足喀斯特环境适生性(植被类型、植物个体

适生性、植物体貌特征)、具有经济效益和生态效益三个边界(图 3)。针对撒拉溪和花江两示范区边界条件具体情况对比分析(表 1), 依此构建基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理模式。

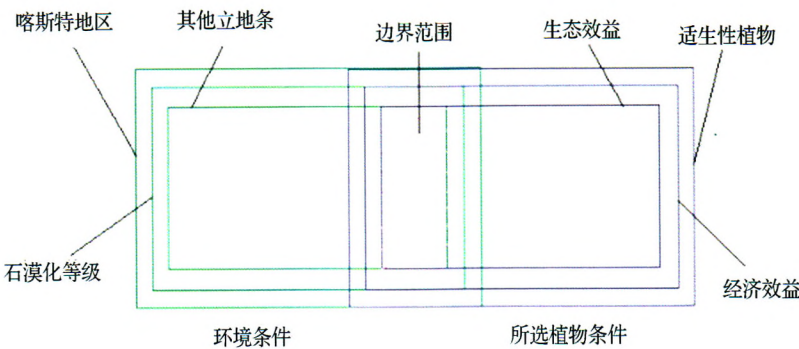


图 3 边界条件示意图
Fig. 3 Sketch map of boundary conditions

表 1 示范区边界条件对比
Table 1 Comparison of boundary conditions in the demonstration areas

边界条件		毕节撒拉溪示范区	关岭—贞丰花江示范区
环境 条件	地貌结构	喀斯特高原山地	喀斯特高原峡谷
	喀斯特岩性	石灰岩	石灰岩夹白云岩
	地质环境海拔	1 600~2 000 m	500~1 200 m
	相对高度	200 m	340 m
	石漠化等级	潜在—轻度石漠化	中度—强度石漠化
	年均降水量	984.4 mm	1 100 mm
	年均气温	12.8 ℃	18.4 ℃
	其他立地条件 ≥10 ℃ 积温	3 717 ℃	6 542 ℃
	透水性	差	差
	肥力	养分贫瘠	肥力较低, 有机质含量少
生物 条件	喀斯特环境 适生性	植被类型 亚热带针、阔叶林和落叶阔叶林为主	热带、亚热带常绿阔叶林
	植物个体 适生性	耐低温、耐贫瘠	耐炎热、耐干旱、耐贫瘠
	植物体貌 特征	根系发达、叶片大小均可	根系发达、小叶片较好, 减少蒸腾
	经济效益	具有经济价值, 增加农民收入, 拓宽增收渠道	具有经济价值, 增加当地居民收入
	生态效益	增加植物覆盖度、丰富植物品种、 改善示范区生境	增加植物覆盖度、丰富植物品种、改善示范区 生态系统、减少水土流失

3 模式构建与技术示范

土地整理模式即由特定的土地整理组成要素和地域单元耦合而形成的表现形式。模式的构建依托于技术体系, 故技术手段是土地整理取得成效的基础^[16]。根据撒拉溪和花江两示范区的自然环境状况、土地利用情况、石漠化程度、传统土地整理内容和模式构建原则以及各示范区产业调整目标, 分别提出

了基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理模式与技术。

3.1 传统土地整理与基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理联系与区别

基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理是依据传统土地整理内容、理论、技术等方面^[17-18]进行的生态化土地整理工作, 既相互联系又有区别(表 2)。传统土地整理以田、水、路、林、村为治理对象, 进

行统一规划。随着土地整理工作逐渐进入有序、稳定的状态,从单纯的增加耕地面积向生态型土地整理转变,中国南方喀斯特地区由于其独特的地理环境成为石漠化土地整理研究的热点区域。植被的恢复是喀斯特石漠化治理中的关键。因此基于植物多样性恢

复和保护的石漠化土地整理主要采用工程措施和生物措施相结合,融入恢复和保护植物多样性理念开展土地整理工程,使土地资源得到充分利用,重建生态系统,有效治理石漠化。

表 2 传统土地整理与基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理的区别

Table 2 Difference between traditional land consolidation and karst land consolidation based on plant diversity restoration and protection

土地整理	适用 范围	内涵	目的	内容	运作方式	模式构建主 要理论依据	主要技术	典型模式
传统 土地 整理	高原、 平原、 山地、 丘陵 地区	人们为了一定目的,对土地进行调整、安排和整治的生产实践活动,是一项涉及工程与技术、经济与法律、行政与管理的系统工程,其实质是合理组织土地利用	片面追 求增加 耕地面 积	土地平 整、田块 合并、沟 渠整治、 宜农荒 地开发、 土地复 垦	主要以土地开 发整理项目形 式展开(以土地 为对象,主要采 用工程措施)	生态演 替原理、 生物多 样性原 理、自生 原理、土 壤学理 论	旱坡耕地梯化建设技术、 土壤改良技术、蓄水工程 技术、道路修建技术、造 林整地技术、植被恢复技 术、3S 技术	规模化农业整 理模式、节水整 理模式、涝渍地 整理模式、农牧 交错带生态整 理模式、坡耕地 整理模式
基于植 物多样 性恢复 和保护 的石漠 化土地 整理	喀斯 特石 漠化 地区	在喀斯特地区,按生态型石漠化土地整理规划要求,采取生物措施和工程措施相结合,改善土地利用结构,提高土地利用率的的同时增加可用土地面积,确保社会经济和生态效益的良性循环。(目前并无明确定义,根据参考资料及实践经验进行界定)	以恢复 和保护 植物多 样性为 目标,促 进土地 资源合 理利用, 提高土 地利用 率,实现 耕地总 量平衡	主要分 为两大 类:农用 地生态 化整理 和基于 适生性 植物配 置进行 土地开 发及复 垦	利用适生性植 物进行配置组 合,维持相应生 物多样性生存 空间,开展土地 整理项目,实现 生态效益和社 会经济效益双 赢的局面。(以 土地为对象,主 要采用工程措 施、生物措施和 综合措施)	全面整 体性系 统协调 理论、景 观环境 美化生 态学保 护理论、 水土综 合保持 系统生 态治理 理论、可 持续循 环平衡 物种多 样性发 展理论	潜在一轻度石漠化环境 基于植物多样性恢复和 保护的整理技术(综合 坡改梯系统工程技术和 水资源开发利用和基本 农田水利设施建设技术、 生态道路建设技术与边 坡绿化治理技术、混农林 复合经营技术)、轻度一 中度石漠化环境林草优 化配置及草地畜牧养殖 配套技术、中度石漠化环 境特色经济林果生态配 套种植技术、强度石漠化 环境封山育林与人工辅 助促进生态修复技术、喀 斯特石漠化环境下农村 参与式社区发展与新农 村建设技术	干热喀斯特高 原峡谷中一强 度石漠化土地 整理与特色经 果林集约经营 模式、温凉喀斯 特高原山地潜 在一轻度石漠 化土地整理与 混农林业复合 经营模式

3.2 撒拉溪示范区石漠化土地整理模式构建与技术示范

针对撒拉溪示范区已具备一定生态恢复基础,但伴随特殊的地质地貌和过度的人为干预,生态系统仍较脆弱,以土豆、玉米为主的种植结构,核桃、刺梨等

特色经济林果尚未形成规模等现状,提出了温凉喀斯特高原山地潜在一轻度石漠化土地整理与混农林业复合经营模式(图 4)。通过开展以核桃—刺梨—扁穗雀麦为主的林灌草立体配置种植技术示范、以核桃—鸭茅(*Dactylis glomerata* L.)为主的林草空间

优化配置技术示范、潜在一轻度石漠化社区能源结构优化及多能互补技术示范等,建立了抗冻耐寒群落配置和物种多样性修复的生态诱导、耐寒性草地生产力维持与草蓄配置平衡调控及坡面保水固土的水土综合配置与合理调配三大子模式。该模式的目的是通

过调整示范区内土地利用结构,恢复生境,从而增加植物物种、扩大植物覆盖面积,提高斑块之间的连通度,促进生物多样性。同时改善示范区农业生产环境,促进生态平衡,最终实现生态效益和社会经济效益。

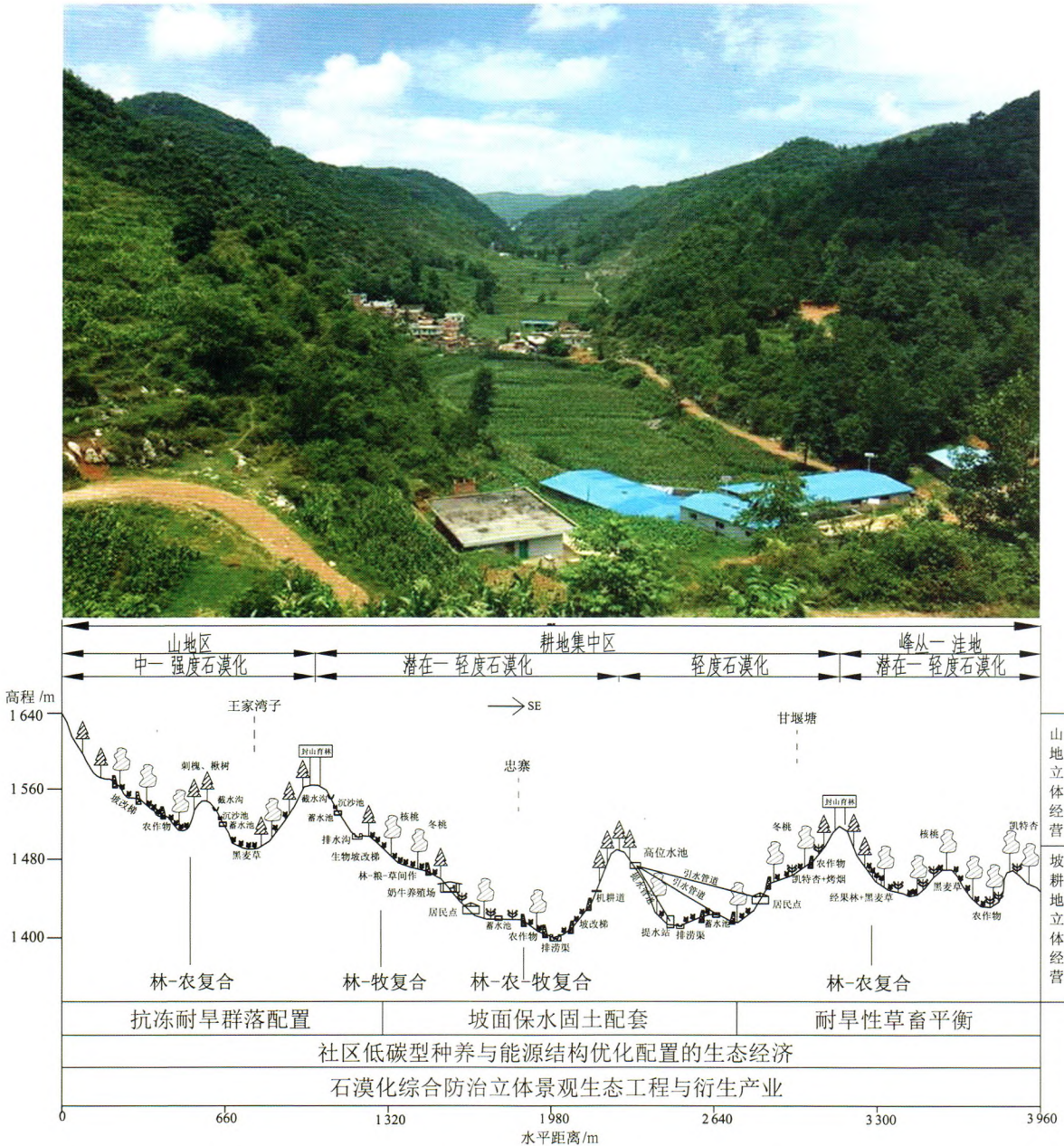


图 4 温凉喀斯特高原山地潜在一轻度石漠化土地整理与混农林业复合经营概念模型
Fig. 4 Conceptual model of temperate and cool karst plateaus potential—slight rocky land consolidation and agroforestry compound management

3.2.1 抗冻耐寒群落配置和物种多样性修复的生态诱导模式与技术

朝营小流域是撒拉溪示范区的核心区域,该示范点南北地势差异较大,致使生境差异明显。北部海拔

高、土层薄,表现为轻、中度石漠化,地表水匮乏,年均温度低,故选择抗冻耐寒植物进行群落配置。根据野外植物物种调查及其监测数据、室内植物配置实验结果,以林草、林灌草、林农搭配为主要方式,选取乡土

速生物种核桃、刺梨、鸭茅、高羊茅(*Festuca elata* Keng ex E. Alexeev)、菊苣(*Cichorium intybus* L.)、土豆和玉米为主要配置物种,使该部位生态环境向良性循环方向发展。抗冻耐寒群落配置和物种多样性修复的生态诱导模式主要采用核桃—高羊茅/黑麦草—白三叶、核桃—刺梨—高羊茅/菊苣/鸭茅、核桃—土豆/玉米种植结构,转变 $>25^{\circ}$ 坡耕地以种植玉米、土豆为主的格局,发展特色经果林业和带动发展区域

畜牧业。采用块状(方形)或者穴状(圆形)整地技术(图 5)并依据植物演替理论和生物多样性理论形成林草空间优化配置和林灌草立体配置典型技术示范,在冬季或者春季,选择 70% 嫁接苗和 30% 实生苗的核桃苗,按株距 $50\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ 、每亩栽种 17~18 株苗木的标准,进行单一种植。搭配的牧草、灌木、农作物依不同作物种类选定不同的栽种时间、栽种方式和种植标准进行套种。

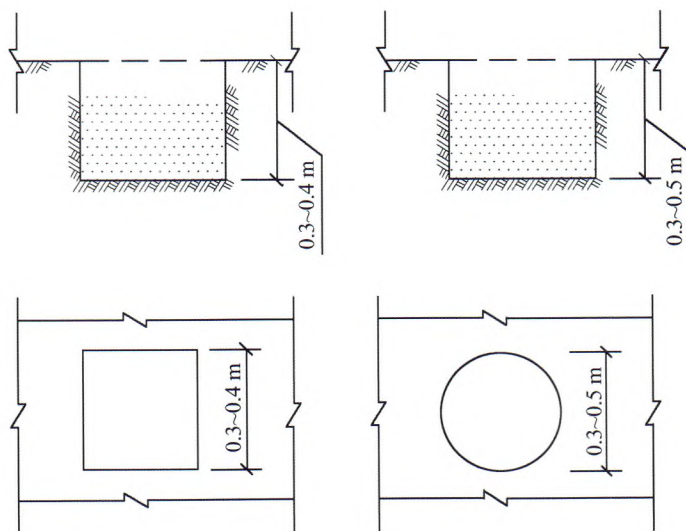


图 5 块状(方形)或者穴状(圆形)整地技术

Fig. 5 Block (square) or cryptand (round) land consolidation technology

3.2.2 耐寒性草地生产力维持与草畜配置平衡调控模式与技术

在示范点中、南部,土层较厚,旱地面积较大,峰丛上部保留有少量灌木林,下部被开垦,石漠化程度较轻,所以可选择抗逆性强且保土蓄水能力较好的物种。林牧、林农牧为主要配置方式。依托潜在一轻度石漠化社区能源结构优化及多能互补技术使该模式进一步优化,其中最为成功的草畜配置平衡模式为林(核桃)—灌(刺梨)—草(鸭茅、紫花苜蓿混播)—牛(羊)—蚯蚓—鸡—沼—肥,其中,牛的粪便可以用来饲养蚯蚓,再拿蚯蚓养鸡,同时散养在田间的鸡可以吃掉草地中的害虫,排泄物又可以增加草地的土壤肥力,起到节省农药和化肥的作用。牛羊粪便还可以作为沼气的原料,当地居民通过运用沼气降低对薪柴的使用量,间接保护了当地的植被,防治了石漠化。此外,沼气的废渣可以作为有机肥施在林灌草中,降低化肥使用量,增加土壤肥力,因此,该模式是一个低碳节能减排的食物链高效能应用的系统。核桃、刺梨整地规格分别为 $60\text{ cm} \times 60\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ 、 $40\text{ cm} \times 40$

$\text{cm} \times 40\text{ cm}$,籽粒的牧草一般以撒播种植方式为主,即将种子均匀的撒播在整理好的地块上,然后将树枝在地块上拖一次即可。

3.2.3 坡面保水固土的水土综合配置与合理调配模式与技术

喀斯特石漠化地区由于其特殊的地质条件,水土流失严重,因此石漠化土地整理工程中坡面保水固土主要采用边坡绿化治理技术。示范点田坎儿、地埂、田间生态道路、水塘边等坡面进行植物篱建设,主要选取原生经济灌木刺梨和金银花采用 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 的整地规格进行单一种植或者间作(图 6)。刺梨和金银花不但可以作为农田边界,而且还具有一定的经济价值,为当地的农民增加收入。其次,示范点还可以选取一定的草本类植物采用人工播撒的方式进行坡面的生态化建设,通过示范区植物多样性调查、监测以及资料搜集^[19-20]、研究,可选取高羊茅、黑麦草(*Lolium perenne* L.)、苜蓿(*Lotus corniculatus* L.)、白三叶(*Trifolium repens* L.)等草本植物进行种植,一方面增加植物覆盖度,丰富植物物种,

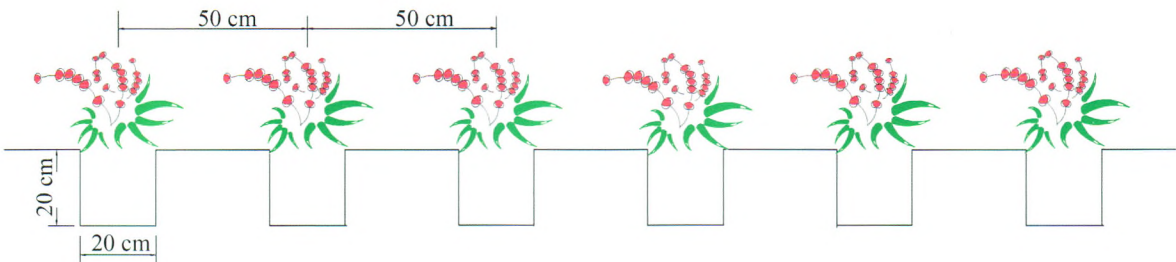


图 6 刺梨和金银花种植规格
Fig. 6 Prickly pear and honeysuckle planting specifications

加强不同生境之间的连通度,改善农田生态系统,另一方面扩大石漠化植物生长面积,减少水土流失,保水保土。

3.3 花江示范区石漠化土地整理模式构建与技术示范
针对花江示范区已具备一定生态恢复基础,但生态系统仍不够稳定,以花椒(*Zanthoxylum*

num Maxim.) 为主的产业结构单一,后续产业和火龙果(*Hylocereus undulatus* Britt.)、柚木(*Tectona grandis* L. F.)、金银花(*Lonicera japonica* Thunb.)等特色经济林果产业尚未形成规模等现状,提出了喀斯特高原峡谷中一强度石漠化土地整理与特色经果林集约经营模式(图7)和技术。通过开展强度一极

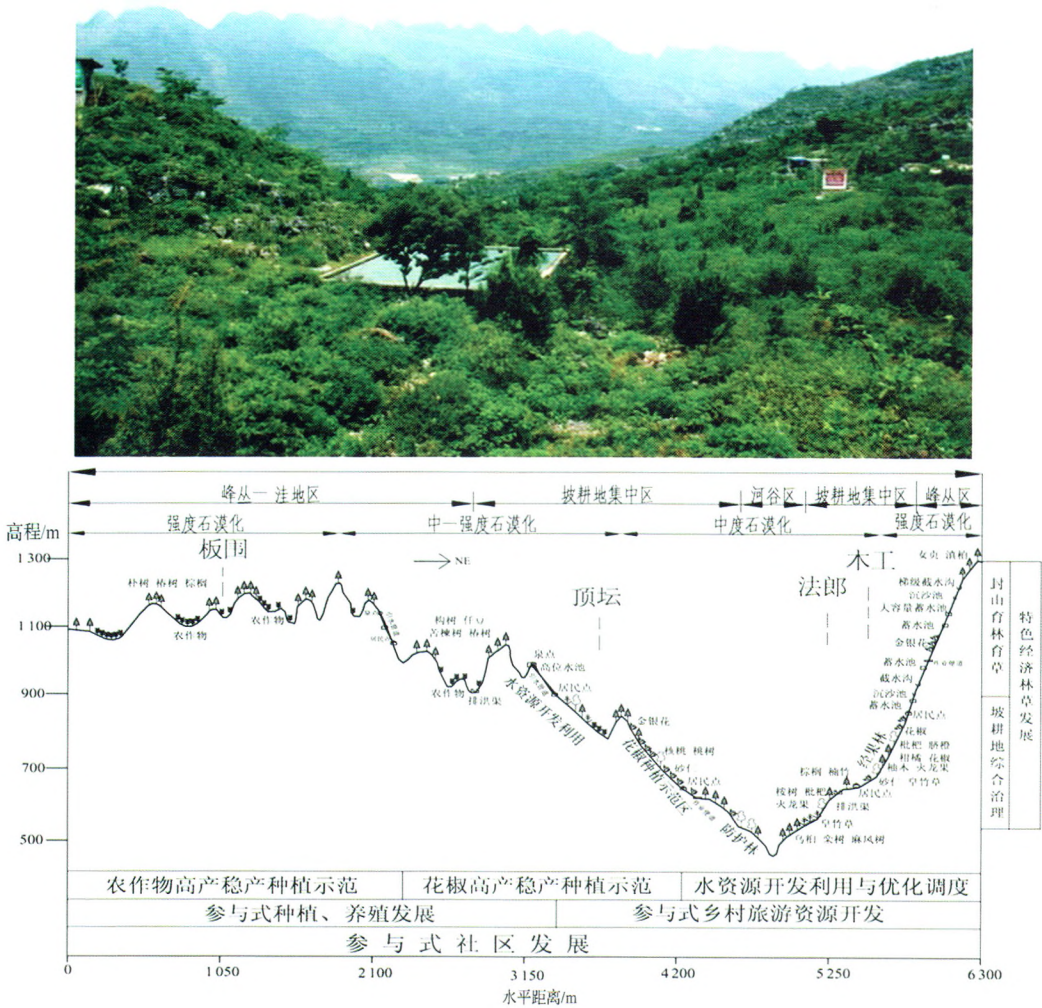


图 7 干热喀斯特峡谷中一强度石漠化土地整理与特色经果林集约经营概念模型
Fig. 7 Conceptual model of dry-hot karst plateau canyon-intense rocky land consolidation and characteristic economic fruit forest intensive management

强度石漠化促封山育林育灌技术示范、以花椒—苜蓿草(*Lotus corniculatus* Linn.)为主的林草空间优化配置技术示范、中—强度石漠化地区生态保土耕作技术示范、中—强度石漠化庭园生态经济种养技术示范等,建立了抗旱耐热群落配置和物种多样性修复的生态诱导、耐旱性草地生产力维持与草蓄配置平衡调控及坡面保水固土的水土综合配置与合理调配三大子模式。花江干热喀斯特峡谷中—强度石漠化土地整理与特色经果林集约经营模式目的是通过恢复和保护植物多样性,丰富示范区植物物种、增加植被覆盖度,改变示范区种植结构单一、几乎“无地耕作”的局面。

3.3.1 抗旱耐热群落配置和物种多样性修复的生态诱导模式与技术

花江示范区以中—强度石漠化等级为主,裸岩面积 70% 以上,立体条件差且类型复杂,坡度较陡,土壤以石灰土为主。示范区内的核心区域为顶坛小流域,生境垂直差异明显。结合示范点实际自然环境状况与社会经济条件,按照科学性和实用性,以地貌类型、坡度大小、土层厚度以及土地破碎度和不同石漠化等级的土地整理方法对土地进行规划布局。此外,由于示范点纬度和海拔较低,相对高差 340 m,河谷深切,且热量丰富,同时由于石漠化地区普遍缺水,故所选植物物种需具备抗旱耐热性。在坡度为 $>16^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 、土层厚度在 60~30 cm 之间。面积较小,地面破碎的中—强度石漠化土地以“乔(桃)—灌(花椒)—草(皇竹草)—畜—禽”配植方式为主,技术示范以鱼鳞坑整地技术(图 8)、块状(方形)或者穴状(圆形)整地技术(图 5)和特色经济林果生态配套种植技术为主,其中具体做法为选用经果林树种火龙果、柑橘、枇杷、梨、脐橙等,以穴状整地为主,目的是保土蓄水增加土层厚度,提高土壤肥力;整地规格为 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$;株行距以 $50\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ 为主,种植季节依照不同经果林树种而定,每公顷单一培植约 495 株。在坡度为 $>26^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 、土层厚度 30~15 cm、地表支离破碎的中—强度石漠化土地上,不适宜进行农业活动,主要采用“乔(复羽叶栎树)—灌(花椒)—草”配植方式,技术示范以退耕还林还草、生态林建设为主。在坡度大于 35° 、土层小于 15 cm 的强度石漠化土地上,主要采用封山育林与人工辅助促进生态修复技术和保水剂技术^[21],实现植物多样性的恢复。

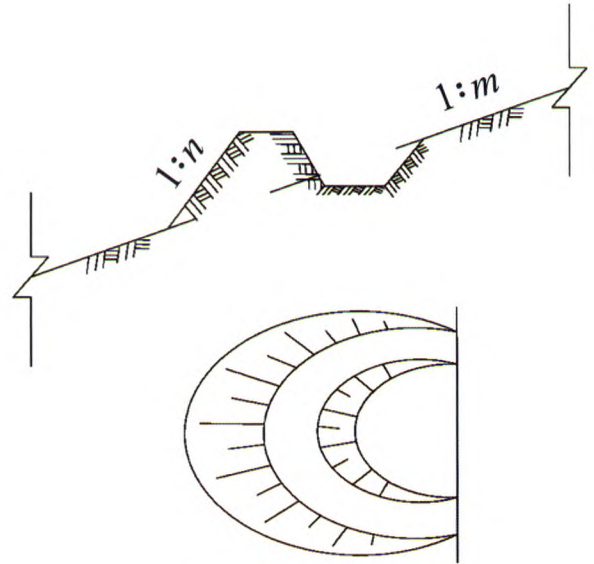


图 8 鱼鳞坑整地技术

Fig. 8 Scale pit site preparation technology

3.3.2 耐旱性草地生产力维持与草蓄配置平衡调控模式与技术

为了不让示范区内牲畜破坏已耕种田地,保证生态平衡,故在进行石漠化土地整理工作中重点强调草地建设。通过调查当地居民及走访当地政府部门了解到示范区主要家畜为牛、羊,并结合野外调查、室内研究发现皇竹草具有耐高温、耐干旱,以无性繁殖为主,产量高,适口性良好且牛粪为最佳肥料等特点,为牲畜口粮之首选,因此在示范区内坡度 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 、土层厚度在 60 cm 以上、面积较小、地面较为破碎的中度石漠化土地,或坡度为 $>16^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 、土层厚度在 60~30 cm 之间、面积较小、地面破碎的中—强度石漠化土地主要采用鱼鳞坑整地技术(图 9)和保水剂技术以人工撒播草籽的方式进行耐旱性草地建设。同时,结合当地产业调整政策,在中—强度石漠化地区采用庭园生态经济种养技术进行参与式种植、养殖,其中最为典型的平衡调控模式为“灌(花椒)—藤(金银花)—草(皇竹草)—畜—禽”,其中在面积较大的空地,花椒或金银花行距设置为 $60\text{ cm} \times 30\text{ cm}$,进行单一种植或混植;在石旮旯地,利用石沟石芽内残存的土壤进行种植。

3.3.3 坡面保水固土的水土综合配置与合理调配模式与技术

花江示范区顶坛小流域内重要泉点和蓄水工程 34 处,此外示范区位于高原面向北盘江倾斜的大缓坡上,具备得天独厚的水资源开发条件。根据花江地

区水资源分布特点,用“泉点引水—电提抽水—高位蓄水—再分水”的“二级引水模式”,为流域缺水地区居民提供水源。同时,基于植物多样性恢复和保护的理念,采用边坡绿化治理技术,在埂坎儿、蓄水池边等坡面种植植物篱。首选金银花进行种植,其整地方

式、种植规格视生境而定,同时金银花与周围灌林植物形成藤灌林植物群落,增加农田景观多样性,改善当地生态环境。此外,依托北盘江进行参与式旅游资源开发,合理调度水资源、开拓当地居民收入方式。

表3 基于植物多样性恢复和保护的不同等级石漠化土地整理结构与功能对比分析
Table 3 Comparative analysis on the structure and function of different rocky desertification land consolidation based on plant diversity restoration and protection

研究区	石漠化等级	模式名称	典型成功案例	结构	功能	图片
毕节撒拉溪示范区	潜在石漠化、轻度石漠化	抗冻耐寒群落配置和物种多样性的生态诱导模式	核桃—高羊茅/黑麦草—白三叶;核桃—刺梨—高羊茅/菊苣/鸭茅;核桃—土豆/玉米	以林地、灌丛和坡耕地为治理重点。按照因地制宜的原则和增加农民收入的目的,进行植物配置,修复生态环境	以林、田为主要治理对象,进行生态经济林、灌、草搭配种植,并进行封山育林与人工造林建设,逐渐恢复植物群落。改善坡耕地农作物种植结构	
	轻度石漠化	耐寒性草地生产力维持与草畜平衡调控模式	林(核桃)—灌(刺梨)—草(鸭茅、紫花苜蓿混播)—牛(羊)—蚯蚓—鸡—沼—肥	生态环境较脆弱,基本不能进行农耕。适宜草本植物生长,从而带动生态禽、畜业生产	保护草本植物生产潜力,促进喀斯特地区草食畜牧业发展,调整农村经济结构。利用沼气进行循环绿色能源建设,减少薪柴消耗	
	潜在轻度石漠化	坡面保水固土的水土综合配置与合理调配模式	植物篱:刺梨、金银花以及高羊茅、黑麦草、苜蓿等草本植物	田埂、沟坎儿水土流失现象明显。涵养水源,保护稳固土壤是其重点	以小流域为单元,田、水、路、林统一规划,进行边坡绿化建设,增加地表植被覆盖面积,防止水土流失,连通动植物栖息空间,促进生态环境的改善	
关岭—贞丰花江示范区	中度石漠化、强度石漠化	抗旱耐热群落配置和物种多样性的生态诱导模式	火龙果、柑橘、枇杷、脐橙进行经果林种植或乔(复羽叶栎树)—灌(花椒)—草	立地条件差,耕地零星破碎,利用石缝、石沟等进行种植,如发展花椒产业。同时,进行封山育林与人工造林进行修复	林、田为主要治理对象。根据立地条件进行封山育林与人工造林,选用金银花等植物对可利用土地进行复垦,调整农作物种植结构。丰富植物品种,增加植物覆盖度。改善动植物生境、居民生产生活条件	
	中度石漠化	耐寒性草地生产力维持与草畜配置平衡调控模式	灌(花椒)—藤(金银花)—草(皇竹草)—畜—禽	实施“种草+饲养禽、畜”为突破口,以户养殖为主,政府引导,最终使农民受惠	主要恢复草本植物,充分利用土地面积,防止土地石漠化。进行禽、畜饲养,增加农民收入	
	中度强度石漠化	坡面保水固土的水土综合配置与合理调配模式	选取金银花与周围灌林植物形成藤灌林植物群落,进行边坡绿化建设	山体较大,相对高差大,土层浅薄,植被稀少,水土流失严重,加强边坡绿化建设,保水固土	对田、水、路、林进行综合规划治理,提高植物涵养水源,保持水土能力。进行生态土地整理建设	

3.4 模式结构和功能特性

针对喀斯特石漠化地区不同等级石漠化的生态型土地整理耦合模式,根据撒拉溪和花江两个示范区的立地条件,采取不同基于植物多样性恢复和保护的石漠化土地整理措施,以不同的石漠化等级,结合适生性植物进行不同结构和功能的模式构建,形成典型案例,其结果显示,2011—2014年期间,两示范区农用地(包括耕地、园地、林地和草地)面积整体布局趋于合理,植被覆盖率分别上升8.51%、4.47%,无石漠化面积分别扩大22.53 hm²、13.2 hm²,农民人均纯收入分别增加374.06元和743.08元,可为其他地区生态型土地整理工作提供参考(表3)。

4 结 论

(1)植物多样性本底调查是基于植物多样性恢复与保护的石漠化土地整理的基础。土地整理规划应充分考虑对区域内植物多样性产生的不利影响的的可能,依据不同植物的生长习性,结合示范区的环境特点,对植物及其生境进行恢复和保护,以缩短植物多样性恢复和保护的周期;项目实施后还要对植物多样性进行动态监测。

(2)土地整理规划设计应融入生态理念,减少对区域脆弱生态环境的破坏,结合植物生长特性、石漠化土地整理工程分区治理方法以及小流域不同部位特点进行不同的生态修复和重建,构造生态型石漠化土地整理模式。

(3)喀斯特石漠化地区确保其生态安全的典型模式为小流域的土地整理模式。在生态型土地整理技术体系的指导下,根据示范区不同的区域环境特征、土地利用状况、石漠化程度以及植物多样性及其先锋物种的选育构建不同的土地整理模式。喀斯特高原山地潜在一轻度石漠化典型区域撒拉溪示范区形成喀斯特高原山地潜在一轻度石漠化土地整理与混农林业复合经营模式主要采用以平欧大果榛子为主的植物耐冻抗逆选育种植技术、潜在一轻度石漠化人工种草与草地生态改良丰产栽培技术、以金银花为主的坡地植物篱保水固土技术等模式的构建。花江示范区作为中一强度喀斯特石漠化的代表区域,选取以花椒—玉米为主的林粮空间优化配置技术、以皇竹草(*Pennisetum sinense* Roxb.)—苜蓿草(*Lotus corniculatus* L.)为主的草地营养优化配置技术、中一强度石漠化社区能源结构优化及多能互补技术等构建了喀

斯特高原峡谷中一强度石漠化土地整理与特色经果林集约经营模式。

参考文献

- [1] 刘胜能,王羽飞,龙振华,等.我国土地整理的特点与未来展望[J].农村经济与科技,2010,21(5):21-24.
- [2] 牛佳,董玉祥.中国土地整理的现状研究[J].资源·产生,2004,6(3):49-51.
- [3] 孙一铭.土地整理的生物多样性影响研究综述[J].中国国土资源经济,2008(7):15-17.
- [4] 李红举,林坚,阎红梅.基于农田景观安全格局的土地整理项目规划[J].农业工程学报,2009,25(5):217-222.
- [5] 杨忠学,杨兴权.农村土地整理与土地生态保护[C]//The 4th Internationin Conference on Engineering and Business Management,2012:82-85.
- [6] 祁乐,高明,杨来淑,等.土地整理对岩溶区突然微生物生物量碳、氮及酶活性的影响:以重庆丰都县三坝乡为例[J].中国岩溶,2015,34(1):86-94.
- [7] 刘勇,吴次芳,岳文泽,等.土地整理项目区的景观格局及其生态效应[J].生态学报,2008,28(5):2261-2269.
- [8] 高贵龙,邓自民,熊康宁,等.喀斯特的呼唤与希望:贵州喀斯特生态环境建设与可持续发展[M].贵阳:贵州科技出版社,2003:1-8.
- [9] 陈伟杰,任晓冬,熊康宁.石漠化土地固碳潜力分析:以贵州为例[J].中国岩溶,2011,30(2):163-168.
- [10] 黎登琴.贵州省土地利用总体规划实施动态评价[J].贵州农业科学,2010,38(8):236-238.
- [11] 熊康宁等.点石成金:贵州石漠化治理技术与模式[M].贵阳:贵州科技出版社,2011:2-7.
- [12] 王军,余莉,罗明,等.土地整理综述[J].地域研究与开发,2003,22(2):8-11.
- [13] 廖剑飞.土地整理中生态环境保护技术方案探讨[J].热带水土保持,2005,17(3):37-39.
- [14] 朱守谦.喀斯特森林生态 III[M].贵阳:贵州科学技术出版社,2003.
- [15] 张正峰.国外可持续土地整理的发展特征及对我国的启示[J].生态环境,2007(10):144-147.
- [16] 张海欧,韩霖昌,王欢元,等.土地整治工程技术及发展趋势[J].安徽农业科学,2015,43(11):298-300,303.
- [17] 王军,余莉,罗明,等.土地整理综述[J].地域研究与开发,2003,22(2):8-11.
- [18] 罗明,张惠远.土地整理及其生态环境影响综述[J].资源科学,2002,24(2):60-63.
- [19] 李亚楠,陈开圣.贵州省公路边坡防护技术调查与分析[J].贵州大学学报(自然科学版),2013,30(2):99-103.
- [20] 段晓明,苗增健.生态护坡应用及护坡植物群落的选择[J].安徽农业科学,2009,37(31):15327-15329,15339.
- [21] 廖剑飞.土地整理中生态环境保护技术方案探讨[J].热带水土保持,2005,17(3):37-39.

The model of karst land management based on plant diversity restoration and protection: Examples from Salaxi and Huajiang areas of Guizhou

CUI Lei, XIONG Kangning, GUAN Zhihong, CHEN Yongbi, LIU Ziqi

(1. Institute of Karst Science, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

2. State Engineering Technology Institute for Karst Desertification Control, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract Research on plant diversity restoration and protection of rocky desertification land can help repair the ecological environment and solve human-land conflict, providing effective methods for comprehensive treatment in these karst areas. This paper selected the Salaxi demonstration areas of Salaxi, Bijie and Guanling-Zhenfeng, Huajiang in Guizhou as the research objects. Through conventional surveys to plant diversity, we have learned the plant species, plant distribution and plant growth characteristics in the demonstration areas. Field reconnaissance and detection allow us to know land utilization and land consolidation degrees. By breeding pioneer species plants, combined with the theoretical basis of model construction and boundary conditions, zoning methods are suggested for the projects of rocky desertification land consolidation. Under the guidance of ecological land consolidation technology system, a series of modes are proposed including compound management of temperate and cool karst plateaus, potential-slight rocky land consolidation and agro-forestry, and intensive management of dry-hot karst plateau gorge moderate rocky desertification land consolidation and characteristic economic fruit forests. The results show that, (1) Survey on plant diversity is the basis for rocky desertification land consolidation based on the restoration and protection of plant diversity, and plant diversity needs to be dynamically monitored after the project. (2) Land consolidation planning and design should be integrated into the ecological concept, and structure land consolidation pattern based on plant diversity restoration and protection of the rocky desertification can help ecological restoration and reconstruction of fragile ecological environments. For example, during 2011–2014, the vegetation coverage rate raised 8.51% and the area of un-rocky desertification expanded 22.53 hm² in the Salaxi demonstration area of Bijie. The vegetation coverage rate raised 4.47% and the area of un-rocky desertification expanded 13.2 hm² in Guanling-Zhenfeng in the Huajiang demonstration area. (3) Model construction should be based on the technology system, which includes potential-slight rocky land consolidation artificial grass cultivation and grassland ecological improvement technology, the slope of hedgerow solid soil water technologies that give priority to honeysuckle (*Lonicera japonica*), forest food space configuration optimization technologies that give priority to Chinese prickly ash (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim)-corn (*Zea mays*) and the grass nutrition configuration optimization technology that gives priority to emperor bamboo grass (*Pennisetum sinense* Roxb)-clover (*Lotus corniculatus* L) as a business mode.

Key words land consolidation, plant diversity, karst desertification, model

(编辑 吴华英)