

西部地区生态修复限制因子及评价指标筛选

徐宣斌^{1,2}, 赵军^{1,2}, 李世清^{1,2}, 彭珂珊^{1,2}

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100;
2. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 全球环境问题与危机的加剧, 使生态安全作为与军事安全、国防安全、粮食安全等传统安全不同的一种非传统性越来越受到世界各国的广泛关注。生态修复不仅是一个经济的概念, 而且在生态环境恢复与重建中是一个综合性的概念, 涵盖了生态恢复学、生态经济学、农业经济学、土壤学、及水土保持学和土壤侵蚀学等多个领域, 按照国家制订的“十一五”发展计划之要求, 运用系统科学的基本原理, 分析了西部地区生态修复中的主要限制因子, 探讨了生态修复的重要性和必要性, 合理的筛选了生态修复中的评价指标。

关键词: 生态修复; 评价指标; 环境保护; 持续发展

中图分类号: X 171.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)06-0042-04

Restricted Factors in Ecological Recovery in Western Area and the Selection of Evaluation Index

XU Xuan-bin^{1,2}, ZHAO Jun^{1,2}, LI Shi-qing^{1,2}, PENG Ke-shan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources;
2. College of Resources and Environment, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Global environment and crisis make the ecological security get more attention from the world, not like traditional security such as military, national defense, and food security, ecological recovery is not only an economic notion, but also a comprehensive one. It covers many fields, ecological rehabilitation, ecological economy, agricultural economy, soil science, soil and water conservation and soil erosion. According to the requirement of the national Eleventh-Five Year Plan, the main restricted factors in ecological recovery in western area are analyzed and the importance and necessity of ecological recovery is discussed, and the evaluation index in ecological recovery are selected by using scientific principle.

Key words: ecological rehabilitation; evaluation index; environmental protection; sustainable development

1 西部地区生态修复的限制因子及分析

全球环境问题与危机的加剧, 使生态安全作为与军事安全、国防安全、粮食安全等传统安全不同的一种非传统性越来越受到世界各国的广泛关注。目前我国正处于经济快速发展的时期, 由于巨大的人口压力和传统的“掠夺式”开发方式以及人们对生态安全意识的淡薄, 人口、资源、环境问题日益突出, 严峻的生态环境问题不仅社会生产生活带来严重危害, 同时制约了经济的持续发展。人类为了自身的私利, 过分的拓展自己的生存空间, 生态退化加剧了各类灾害的发生, 造成了巨大的经济损失, 我国生态灾害造成的经济损失占 GDP 的 5% ~ 13%, 同时还使贫困扩大, 影响社会安定, 阻碍社会进步。自 1998 年以来, 中国旱涝发生频繁, 沙尘风暴扩大, 江河断流, 水土流失加剧, 安全形势不容乐观。特别是在西部形势更为严峻, 损害了当地社会经济持续发展基础, 引

发人民群众的不满, 环境难民的产生, 导致不安全因素, 西部地区是我国生态环境保护的重点地区和确保我国生态安全的关键地区, 是解决我国沙漠化、石漠化、水土流失和沙尘暴等生态问题的主战场, 战略地位极为重要。

中国西部地区包括陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、四川、重庆、云南、贵州、西藏、广西、内蒙古等 12 个省、市和自治区。西部地区疆域辽阔, 人口稀少, 属于经济欠发达、需要加强开发的地区。据统计, 该地区的面积在 685 万 km² 以上, 人口近 4 亿, 分别占全国陆地面积的近 71% 和总人口的 31%。该地区自然资源丰富, 是我国的重要能源、化工等原料和畜产品基地, 对 21 世纪中国社会经济发展和全面建设小康社会具有重要作用。但是, 西部地区自然条件复杂, 地貌类型多样, 西北干旱少雨, 自然条件较差, 西南雨量充沛, 降雨集中, 洪灾多; 毁林开荒现象严重, 耕地面积不断扩大, 林草面积锐减, 植被覆盖率低, 大多数地方沟壑纵横, 造成严重的水土流

* 收稿日期: 2005-03-26
基金项目: 创新前沿“黄土区土壤干化机理及量化指标研究”; 陕西省自然科学基金“退耕还林条件下的土壤干化问题”(C170); 国家“973”计划“退化生态系统重建模型与模拟”(G2000018605) 共同资助
作者简介: 徐宣斌(1971-), 男, 江苏省东台市人, 助理工程师, 主要从事水土保持与实验室管理方面的研究工作。

失,造成总面积2/3以上的山区与丘陵区大部分面积水土流失,干旱和荒漠化问题严重,导致生物多样性减少和气候变化,不仅破坏当地的生态环境和农业生产条件,造成群众生活贫困,成为该地区社会经济可持续发展的障碍,而且同时为下游江河河床、湖泊、水库带来严重的洪水泥沙危害,被洪水淹没的城镇和农村,人民的生命财产都遭受严重损失;西部地区多山地和丘陵,山地和丘陵各占西部的49.7%和14.9%,沙漠、戈壁、岩石和砾质地面积大,分布广;西部地广

人稀,贫困人口多,且面积大,2002年西部贫困人口1742万,占全国贫困人口的61.8%。从而形成愈垦愈穷,愈穷愈垦。脆弱的生态环境制约了经济的发展,又因人口的不断增加,长期以来重开发,轻保护、掠夺式的资源开发,加上自然因素和人为因素的干扰,生态环境十分脆弱和环境恶化加快,限制生态修复的因子较多(见表1)。不仅给本地经济带来极大的危害,也给黄河、长江、珠江下游防洪抗旱带来极大的负面影响。

表1 西部地区生态修复限制因子及危害后果

限制因子	分 布 与 退 化 情 况	后 果
森林资源退化	我国森林资源集中分布在东北和西南地区,生态环境十分脆弱的西北地区森林很少,近10年来,西部地区森林面积和森林覆盖率有较大增长,但森林生态系统呈数量增长与质量下降的局面,西部地区幼龄林和中龄林很多,各占全部林地面积的33.5%和32.2%,林龄结构不合理,生态功能差。过量采伐,乱砍乱伐,毁林开荒使西部仅有的一些森林遭受前所未有的劫难。四川省川中丘陵区带50个县,森林覆盖率只有3%,其中19个县不到1%	由于森林锐减,开荒种田,造成岩石裸露,干旱缺水严重,“林木伐尽,水泽涸枯,将来的一滴水和血液同价”。水土流失加剧,绿洲沦为荒漠,基本失去了人类生存条件,成为生态“头号杀手”。1998年洪灾就是对林草破坏之后造成水土流失的最大报复,使防风固沙、涵养水分、调节气候、吸毒滞尘等功能丧失。同时造成动植物种类下降,许多依赖森林生存的动物无家可归
草原退化	西部地区草地面积3.2亿hm ² ,占全国草地面积的80%以上,长期以来,草地生态功能和综合经济价值未受重视,一些天然草地被当作宜农荒地开垦并随后开荒,自50年代以来,我国累计开垦了1334万hm ² 草原,且大部分在西部,其中有50%因生产力逐年下降而被撂荒成裸地或沙地。退化草原集中分布于北方草原带,西部荒漠草原及荒漠山、青藏高原高寒草原,每年退化面积约为草原总面积的0.5%	滥挖乱垦、超载放牧和草原鼠害是破坏草原植被的三大罪魁祸首。由于草场的退化,目前我国北方较60年代初产草量下降了1/3~1/2,内蒙古荒漠类草原从西部干旱区向东部干旱区推进了50km,干旱区、半干旱区的低地草甸和低地盐碱化草甸,因长期超载过牧,草原土壤板结,导致盐分上升,造成草地盐碱化
水土流失	全国水土流失面积356万km ² ,西部为291万km ² ,占全国的81.7%,其中黄土高原地区62万km ² 中有43万km ² 存在不同程度的水土流失,侵蚀严重区年侵蚀模数高达1万t/km ² ,黄河在流经黄土高原后年携带16亿t泥沙,含沙量居世界含沙量之冠,50年代长江流域水土流失面积36万km ² ,80年代增加到56万km ² ,年土壤侵蚀量达22.4亿t	由于乱垦滥伐,破坏地面植被,水土流失严重的地区沟壑纵横,地形地貌受到破坏。致使河道淤积,影响水利工程设施的发挥,造成“小洪水,多险情”的严峻局面,年均损失耕地6.67万hm ² ,土地质量下降,伴有崩滑流灾害,成为头号环境问题
沙漠化	我国沙漠化土地174万km ² ,约占国土面积的18.2%,西部地区沙漠化面积为169万km ² ,占国土面积的17.6%,沙漠仅扩展的面积从20世纪70年代年均1560km ² 直接攀升到20世纪末3436km ² 。沙尘暴呈上升趋势,2000年发生13次沙尘暴,2001年为18次,2002年为11次,2003年为7次,中国的沙尘暴影响范围达200万km ² ,少数强沙尘暴影响范围可达长江以北区域以及朝鲜、日本、美国和加拿大	西部生态环境脆弱、土质疏松,北方气温升高,暖冬年份连续出现,20世纪末干旱化趋势加快,耕地、林地、草地变化剧烈,表土风蚀粗化,常出现沙尘暴,是土壤风蚀最危险的活动因子,导致土壤严重风蚀沙化,沙丘移动扩展。水利设施被沙埋填,淹没农田,对大气环境造成严重污染,破坏人类生存空间,导致生态难民产生
石漠化	主要分布于西南地区,分布面积达31.89万km ² ,其中裸露岩溶山面积18.5万km ² ,短期内有潜在石漠化趋势土地8.76万km ² ,石漠化涉及429个县,总人口达1.29亿,90%的贫困人口集中在此处,人多地少缺水,每km ² 人口达400多人、人均耕地不足0.03hm ² 。贵州省石漠化,半石漠化面积大约以25年翻一番的速度扩展,1975~1998年平均每年扩大0.18万km ² ,目前石漠化面积已达5万km ²	主要是山势陡峭、土层瘠薄、成土速度慢、暴雨多,冲刷力强,不合理的开采,造成土壤流失,土层减薄,岩石裸露,山川俱毁。由于碳酸盐裸露,溶洞等岩溶管道发育,降水易渗入地下,地下水开采困难,在多雨季节因排不畅易造成内涝。植被很难生长,生态环境极端恶化,泥石流灾害频繁,居民被迫外迁
水旱灾害	我国西部近几十年来降水没有发生多大的变化,但水旱灾害面积不断扩大,灾害损失不断加重,20世纪90年代旱灾的发生频率比80年代增长了7.5%,洪灾发生频率比80年代增长了49%,河流、湖泊、湿地、盲目开垦、陡坡开荒、河流上游毁林垦荒,滩涂围垦是导致灾害加重的主要原因,1998年内蒙古科右旗洪灾损失达27亿元	干旱使土壤出现裂缝,农作物减产,植被覆盖度降低,造成沙化面积扩展,人畜饮水困难,社会动荡,影响城乡经济可持续发展。洪灾造成房倒屋塌,人员伤亡,土壤结构破坏,抗冲、抗蚀性能减弱,引起洪水水位上升,导致洪峰流量和洪水总量的增长
生物多样性降低	滥采、滥挖、滥捕及栖息地的破坏,导致生物多样性的降低,部分野生物种濒临灭绝。甘肃省20世纪80年代有保护植物30余种,目前甘肃仅被子植物中处于濒危或受威胁的种类就达186种,濒临裸子植物种类达17种,云南省滇池水生动物已由原来的42种降至目前的22种	由于对森林、草原、湿地等资源的掠夺式开发,野生动植物栖息地环境受到破坏,导致物种濒危,甚至灭绝。生物群落是构成生态安全的重要物质基础,生物物种的丧失对生态安全造成不可逆转的严重破坏
水资源分布不均	西部地区水资源总量是15000亿m ³ ,占全国总水量的53.33%,但西部最根本的矛盾是水资源分布极不平衡,西南水多地少,山大沟深,开采困难,地表漏水严重。干旱成为西北地区主要灾种之一,洪灾在西南地区年年发生。西北地区干旱少雨,全地区年降水量235mm,而蒸发量却高达1000~2600mm,地表径流主要集中在汛期。西北地区各大中城均存在缺水的局面,1995年西安市缺水,学生放假、工厂停工,只能用消防车限量供水,因争水多处发生械斗事件,经济损失达5亿元。随着工业和乡镇企业的发展,西部酸雨频频出现,大量排放污水,引发水质恶化,地下水过渡开采,造成地面沉降,地面塌陷、地裂缝	水资源不足成为西部地区国民经济发展的严重障碍,影响到人们的生活、健康、甚至生命。内蒙古因缺水给畜牧业发展带来不少困难,锡林郭勒盟以西的几个盟因缺水而导致“白灾”、“黑灾”、旱灾和风灾,耕地不能耕种,农田不能灌溉,当地农牧民饮水极为困难,造成不少生态难民。近几年西北温度升高,冰川融水加快,亏损严重,冰川储量以每20年减少1/5的速度衰减,气温升高又使蒸发量加大,再加上降雨量的减少,使西北的地表水资源逐渐减少。其中1997年黄河断流226d

生态修复是一项复杂的系统工程,它是应用生态系统自己组织和自我调节能力对环境或生态本身进行修复,最终使系统的经济产品多样,产量维持在较高的水平,生态防护调节功能持续发挥。并且具有鲜明的地域性特征,这在西部地区表现的更为明显。大面积恢复自然植被,加快水土流失防治步伐和改善生态系统,是顺应时代要求符合国情的举措。维护国家安全是任何一个主权国家最基本、最核心的功能。生态安全是与国家传统安全如军事安全和经济安全等同重要且相对独立的一个基本因素,是其它安全的基础与载体。加快西部地区是生态环境建设从根本上扭转这一地区生态恶化的状况,不仅可以直接为西部大开发提供坚实的基础和有力的保障,也是对全国的生态建设作出的一个巨大贡献。

2 生态修复的重要性及评价指标体系筛选

2.1 指标筛选的依据

生态修复是指通过对一个区域或一个小流域的严格管护,排除人为因素对其干扰破坏,使区域内的整个生态系统得到休息、恢复生态结构和功能。近年来,对多种类型退化生态系统恢复机理进行了研究,为国家生态建设提供了科学依据,为地方生态建设提供了示范样板。黄土高原、长城内外农牧区的广大草原,在连续三年大旱的情况下,排除人为因素的干扰活动,林草植被得到了恢复,其长势是多年未有的。宁夏盐池县实施生态修复三年后,全县植被覆盖率由 25% 提高到 50% 以上,草场产草量由 1 020 kg/hm² 上升 2 250 kg/hm²,内蒙古锡林浩特市休牧区牧草平均高度比非休牧区增加 4~9 cm,平均盖度提高 10%~30%,平均产量提高了 270~600 kg/hm²。由于上述经验的获得,很有必要对生态修复的评价指标进行筛选。生态修复指标体系是定量描述环境和经济发展相互作用关系和结果的重要手段,生态修复指标体系应体现生态环境和经济可持续发展长期稳定的关系,反映在修复区内综合治理区承受外界压力的能力和影响程度。

表 2 全国水土保持生态修复分区表

名 称		年降水量	干燥指数	干湿类型区
一级类型区	二级类型区生态修复区	/mm		
长白山区及东南部湿润带生态修复区	长白山黑土漫岗区	> 800	< 1.0	湿润区
	长江以北土石山区			
	长江以南红壤丘陵陵区			
华北、东北部分及青藏高原东部半湿润带生态修复区	哈沈—线黑土漫岗区	> 400	1.0~2.0	半湿润区
	北方土石山区			
	太(原)兰(州)以南黄土高原区			
内蒙古高原、黄土高原、青藏高原半干旱带生态修复区	西南石质山区	< 400	2.0~5.0	半干旱区
	内蒙古高原风蚀区			
	太兰以北黄土高原区			
新疆大部、内蒙古西部、青藏高原西北部荒漠干旱带生态修复区	青藏高原区	200	> 5.0	干旱区
	内陆河流域风蚀区			
	“三化”草原区			
	戈壁沙漠区			

2.2 指标筛选的思路

根据西部经济发展水平,参照全国水土保持生态修复分区的现状(表2),生态修复的基本思路是:以生态环境恢复与重建的科学为基础,用生态恢复学理论和生态经济学原理指导生态修复指标选定的全过程;坚持生态效益、经济效益、社会效益和环境效益的高度统一,使系统整体功能最强,综合

效益最佳。指标体系的设置坚持全面性、现实性、准确性、稳定性、持续性、均衡性和科学性相结合,能够准确反映生态修复系统的主要内容。指标体系的设置要素既要考虑西部地区与全国的差异,又要考虑不同层次的需要,以便对不同类型区实施生态修复进行科学评价。按照系统科学层次分析法提出反映西部地区生态修复的子系统,在子系统内严格选择个体指标,按照统计学的方法编制生态修复评价综合指数,其目的在于对生态修复的状况做出综合评价(表3)。

2.3 指标筛选的原则

借鉴小康社会和生态环境建设及生态农业的效益评价方法,采用生态经济学的基本原理,结合近几年实施生态修复的理论与实践,就生态修复的指标体制进行了探讨,使这一评价方法能不断的完善,我们在研究中认为:生态修复评价指标应遵守的原则是:

(1)全面性:指标覆盖基本全面,但不能照顾到方方面面,指标应反映生态修复的本来面目。

(2)现实性:指标应体现现状,能应用在实践之中且不能凭想象。

(3)准确性:定性定量能准确衡量事物,不可模棱两可。

(4)稳定性:系统内在自然条件和社会条件发生一定变化而产生的冲击,应保持系统内相对的平衡。

(5)持续性:是指系统受到外力扰动影响而维持一定水平生产力和系统演替趋向的能力。

(6)均衡性:指系统时空格局、数量与质量分布的均衡性,主要表现在结构和功能要素的均衡。

(7)再生性:再生性反映系统的要素、结构、功能及生产率不断更新和替代的能力和速度。

表 3 西部地区生态修复评价指标体系

序号	评价要素	评价指标
1	生态环境	①林草覆盖率②土壤侵蚀治理率③水土资源的保护率④湿地的保护率⑤旱涝灾害的防治率⑥栖息地的保护情况⑦外来物种入侵的防治现状⑧耕地的控制情况
2	经济发展	①人均国民生产总值②农村劳动生产率③农村居民人均纯收入④第三产业占GDP比重⑤非农从业人口比重⑥农村通公路行政村的比重
3	社会进步	①人口城镇化②城乡居民收入比③农村居民养老保险覆盖率④农村合作医疗覆盖率⑤成人识字率⑥每千人拥有科技人员数⑦高中普及率⑧人均预期寿命⑨刑事犯罪率⑩计划生育率
4	生活质量	①农村人均纯收入②农村居民基尼系数③农村居民恩格尔系数④农村家庭电脑普及率⑤农村居民文教娱乐消费支出比重⑥人均住房面积

3 结 语

“绿色中国”第三届论坛于 2004 年在北京举行,党和国家有关领导,国外机构的代表和专家学者到会发表演讲,与会者一致认为:环境权益是人民生存权的重要部分。国家已将环境保护列为基本国策,保护环境已成为党和政府的职责所在。未来政府的定位不应仅仅是热衷于抓经济管理,而是应将主要精力放到生态环境建设上来。环境保护既是区域性的问题,又是全球性的问题,当今社会所面临的各种破坏生态环境的事件,不仅仅是技术上的问题,而主要是社会经济问题。环境保护与经济发展是相互制约的,人类的经济活动

与生态环境息息相关,在社会生产活动中,环境问题不可避免,环境保护也是日益凸现出它的重要作用。

生态修复是环境保护的重要组成部分,它在环境恢复与重建中的作用不可低估。生态修复指标是生态环境建设的重要组成部分,其评价指标筛选应站在战略的高度,全面反映生态修复与生态环境建设的关系,结合“十一·五”国民经济发

参考文献:

[1] 王力,李裕元,李秧秧.黄土高原生态环境的恶化及其对策[J]. 自然资源学报,2004,19(2):263– 271.

[2] 国家环保总局.全国生态环境现状调查报告[J]. 环境保护,2004,(5):13– 18.

[3] 王力,邵明安,侯庆春.黄土高原土壤干层初步研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(4):34– 38.

[4] 杨万江,朱允卫.全面建设农村小康社会的评价指标体系研究[J]. 农业技术经济,2004,(2):14– 19.

[5] 彭珂珊,王力.中国西部退耕还林(草)工程的深层次问题探讨[J]. 科技导报,2004,(4):25– 29.

[6] 江泽民.全面建设小康社会开创中国特色社会主义事业新局面[M]. 北京:人民出版社,2002. 1– 9.

[7] 徐宣斌,胡普辉,刘延风.现阶段西部大开发与生态环境重建之分析[J]. 莱阳农学院学报,2002,(4):15– 20.

[8] 李艳梅,杨涛.退牧还草的博弈分析[J]. 农业技术经济,2004,(1):34– 38.

[9] 王力.沙产业发展现状及前景展望[J]. 中国水土保持,2000,(3):26– 28.

[10] 郝凤毕,郑宝明,王煜.试论无定河水土保持生态环境建设[J]. 人民黄河,2004,(12):28– 29.

[11] 李莉.城市可持续发展指标体系及综合评价研究[J]. 武汉城市建筑学院学报,2000,17(2):30– 35.

[12] 王力,邵明安,侯庆春.土壤干层量化指标初探[J]. 水土保持学报,2000,14(4):87– 90.

[13] 张炳,毕军.工业园区绿色招商指标评价体系研究[J]. 生态经济,2004,(12):41– 44.

[14] 袁雯,郑丽.基于公众参与的全面小康指标体系实证研究[J]. 中国人口·资源与环境,2004,14(6):16– 20.

[15] 蔡建勤,张长印,等.全国水土保持生态修复分区研究[J]. 中国水利,2004,(4):46– 48.

[16] 胡雨琴,余国英.加大水利建设力度促进草原生态修复[J]. 农村水利,2004,(3):50– 51.

[17] 焦居仁.生态修复的要点与思考[J]. 中国水土保持,2003,(2):1– 2.

[19] 申元村,洪清华.黄土高原土壤侵蚀有效防治战略[J]. 中国水土保持科学,2003,1(2):22– 27.

(上接第7 页)

[25] 江希钿,王素萍,杨锦昌.马尾松人工林种群自然稀疏模型的研究[J]. 热带亚热带植物学报,2001,9(4):295– 300.

[26] 石培礼,杨修,钟章成.桉柏混交林种群生物量动态与密度调节[J]. 应用生态学报,1997,8(4):341– 346.

[27] 王江.桉柏混交幼林群落特征及生物量调查[J]. 四川林业科技,1993,14(1):66– 69.

[28] 向永国,王金锡,廖光瑶,等.绵阳新桥镇防护林体系桉柏混交林光合作用日变化研究[J]. 四川林业科技,1994,15(2):23– 31.

[29] 余树全.柏木人工林系统生物生产力研究[J]. 四川农业大学学报,1991,9(1):137– 142.

[30] 向永国,王金锡.桉柏混交林能量代谢中能量吸收、固定、积累和损耗研究[J]. 四川林业科技,1995,6(4):1– 12.

[31] 彭培好,王金锡,胡振宇,等.人工桉柏混交林生态系统的能量特征[J]. 应用生态学报,1998,9(2):113– 118.

[32] 杨韧,邓朝经,覃模昌,等.川中丘陵区柏木人工林营养元素及其分布的研究[J]. 四川林业科技,1989,11(1):21– 28.

[33] 朱万泽,薛建辉,王全锡,等.台湾桉木林分生物量与营养元素的分布[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2002,26(2):15– 20.

[34] 余树全.柏木人工林生态系统养分循环研究I:乔木层养分元素的变化规律[J]. 四川农业大学学报,1994,12(4):500– 504.

[35] 胡振宇,王金锡,彭培好,等.川中丘陵区防护林改良土壤作用研究[J]. 四川林业科技,2003,24(3):17– 24.

[36] 卿汰明,赵志奎.桉柏混交林和半封禁草坡区保持水土效益的研究[J]. 四川林业科技,1992,13(2):52– 56.

[37] 史立新,彭培好,慕长龙.长江防护林(四川段)初期水土保持效益研究[J]. 水土保持通报,1997,17(6):14– 22.

[38] 刘刚才,高美荣,朱波,等.紫色丘陵区农林复合生态系统的调洪抗旱作用[J]. 自然灾害学报,2001,10(1):41– 44.

[39] 钟祥浩.盆中丘陵区生态恢复重建的生态与经济效益亟待提高[J]. 山地学报,2001,19(增刊):4– 8.

[40] 钟祥浩,何毓成,刘淑珍,等.长江上游环境特征与防护林体系建设[M]. 北京:科学出版社,1992.

[41] 李雁飞.柏木混交林类型分布立地条件的研究[J]. 四川林业科技,1991,12(3):11– 15.

[42] 刘增文,李雅素.生态系统稳定性研究的历史与现状[J]. 生态学杂志,1997,16(2):58– 61.

[43] 马风云.生态系统稳定性若干问题研究评述[J]. 中国沙漠,2002,22(4):401– 407.

[44] 曾德慧,姜风歧,范志平,等.樟子松人工固沙林稳定性的研究[J]. 应用生态学报,1996,7(4):337– 343.

[45] 刘刚才,高美荣,张建辉.四川紫色土丘陵区农林系统的水土保持作用[J]. 山地学报,2001,19(增刊):60– 64.

[46] 刘刚才,高美荣,何毓蓉.川中丘陵区桉柏混交林的土壤水分及其调蓄动态特征[J]. 西南农业学报,2001,14(增刊):53– 56.