

## 基于 SD 的退耕还林典型立地优化模式研究

李世东<sup>1,2</sup>

(1 北京林业大学资源与环境学院 2 中国科学院地理科学与资源研究所)

**摘要:**为研究典型立地条件下生态、经济、社会效益协调配合,综合效益最佳的退耕还林模式,推动退耕还林的可持续发展,该文以退耕还林重点工程区内蒙古自治区凉城县典型立地为研究对象,运用系统动力学等理论和方法,采取试验站点观测与入户调研集成等 5 个结合的技术路线,共获取原始数据 10 000 多个,对退耕还林的优化模式进行了系统研究.结果表明,凉城县试验点退耕还林优化模式为山杏×沙棘×紫花苜蓿,并研究提出了其系统仿真模型、模式配套技术及模式机理.

**关键词:**退耕还林,优化模式,系统动力学

**中图分类号:**S728 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2006)02-0022-07

LI Shi-dong<sup>1,2</sup>. **SD-based study of the optimized model of conversion of farmland to forests on typical sites.** *Journal of Beijing Forestry University* (2006)28(2) 22-28 [Ch, 18 ref.]

1 College of Resources and Environment, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China;

2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, 100101, P. R. China.

In order to study the coordination of ecological, economic and social benefits to achieve an optimal model of conversion of farmland to forests (CFF), we investigated Liangcheng County, Inner Mongolia Autonomous Region, which is a typical site of CFF. Based on system dynamics (SD), this investigation adopted five technical methods combining observations at field stations and extensive investigations. Over 10 000 original data were obtained in the investigation. The results show that the optimal model in Liangcheng County is a mixed stand of *Prunus armeniaca* + *Hippophae rhamnoides* + *Medicago sativa*. The model contains specific supporting technologies and operational mechanisms.

**Key words** conversion of farmland to forests (CFF), optimized model, system dynamics(SD)

退耕还林工程既是我国六大重点林业生态工程之一,也是世界十大重点林业生态工程之一.实施 5 年来,完成退耕地造林和宜林荒山荒地造林各 660 多万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>.近年来,不少专家对退耕还林的技术模式<sup>[2-9]</sup>及技术经济政策<sup>[10-14]</sup>进行了研究,具有一定的指导意义.由于其作为一项大型生态恢复工程<sup>[15]</sup>来建设,在我国才刚起步,技术操作又十分复杂,所以急需系统的科技体系来指导,特别是优化模式及其配套技术等关键科技问题亟待攻关.退耕还林既是一项生态工程,又与当地经济、社会发展紧密相关,所以,本研究的目的是通过系统分析,选择出在当地条件下,生态、经济、社会效益协调配合,综合效益最佳的优化模式,实现退耕还林的国家、地方、

群众利益紧密结合,推动退耕还林的可持续发展.

## 1 研究方法

### 1.1 试验区概况

试验区选择在退耕林重点工程区内蒙古自治区凉城县境内.凉城县位于东经  $112^{\circ}02'$ ~ $113^{\circ}02'$ ,北纬  $40^{\circ}10'$ ~ $40^{\circ}50'$ ,土地总面积 3 453  $\text{km}^2$ .属中温带半干旱季风气候,年均降水量 372 mm,年均气温  $6.3^{\circ}\text{C}$ ,年蒸发量 1 938 mm,年均风速 3 m/s,无霜期 120 d.水土流失面积 24.5 万  $\text{hm}^2$ ,沙化面积 6 000  $\text{hm}^2$ .土壤类型多样,主要有栗钙土、灰褐土、草甸土等.森林资源较为丰富,但分布不均,现有林业用地 16.98 万  $\text{hm}^2$ ,其中有林地 2.8 万  $\text{hm}^2$ ,灌木林地 2 万

收稿日期:2004-05-26

http://journal.bjfu.edu.cn

资助项目:国家林业局重点科研项目(2000-28,2005-22).

第一作者:李世东,博士,教授级高级工程师.主要研究方向:退耕还林和林业生态工程.电话:010-84238611 Email: eastworld@sohu.com  
地址:100714 北京和平里国家林业局办公厅.

hm<sup>2</sup>,活立木蓄积量 180 万 m<sup>3</sup>,森林覆盖率 13.9%。全县辖 14 个乡镇,143 个行政村,979 个自然村,23.78 万人,其中农业人口 22 万人。耕地 7.13 万 hm<sup>2</sup>,其中 6°~15°坡耕地 6.6 万 hm<sup>2</sup>,16°~25°坡耕地 0.1 万 hm<sup>2</sup>,草场 9.33 万 hm<sup>2</sup>。2002 年国民生产总值 58 437 万元,地方财政收入 4 922 万元,农民人均占有粮食 200 kg,农民人均纯收入 1 900 元。

### 1.2 立地类型划分

通过量化立地分类,内蒙古凉城县退耕还林工程区划分为 5 个立地类型组,19 个立地类型<sup>[16-17]</sup>。本研究试验区属该县面积最大、最具代表性的阳坡半阳坡栗钙土立地类型。

### 1.3 数据测定方法

植物指标测定:标准地法,规格为 10 m×10 m,3 个重复;生物量测定:附以标准木法、样方法,生长量测定附以解析木法;根系测定采用土钻法。地表径流和土壤侵蚀指标测定:径流场法,规格为 20 m×5 m,每个模式建立 1 个径流场,每次降雨后进行观测,风蚀沙化指标采用起沙仪法。土壤性质指标测定:土壤剖面法、环刀法,附以水分速测仪法。土壤养分室内测定:pH 值采用酸度计法(饱和氯化钾),有机质采用重铬酸钾法,全 N 采用凯氏定 N 法,全 P 和全 K 采用三酸硝化法(ICP 测定),B 采用沸水浸提法,其他微量元素采用 DTPA 浸提法(ICP 测定)。

气象地理指标测定:小气候指标采用标准地法,调节空气指标附以生物量法并经验公式法,其他气象指标采用当地气象台站观测数据,自然地理指标现场实测。造林经营指标测定:标准地法。社会经济指标测定:主要采取直接入户调查法,每个模式随机调查 3~5 个农户,物价指数等指标采用资料收集法。每个模式均进行了各个指标的测定。

### 1.4 数据分析方法

根据试验研究的目的、特点,主要应用系统动力学方法<sup>[18]</sup>进行数据分析,同时综合应用回归分析、灰色分析、层次分析、方差分析和 MATLAB 等手段。采用系统动力学目前流行、实用的 Stella 软件包进行建模分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 建立模型与数据仿真

#### 2.1.1 建立系统模式与效益评价指标体系

根据试验目的,经过系统分析和初步筛选,设立了 11 个试验模式和 1 个对照模式(见表 1)。为了从中选择生态、经济、社会效益协调发展,综合效益最佳的模式,应用层次分析法,建立了退耕还林试验模式效益评价指标体系,并应用专家打分法得出各指标的权重(见表 2)。

表 1 退耕还林试验模式基本情况表

TABLE 1 Examination of basic CFF models

模式代号	模式搭配	坡度/坡向/坡位	土壤	海拔/m	整地方式	模式配置	初植密度/(株·hm <sup>-2</sup> )	保存密度/(株·hm <sup>-2</sup> )	栽植年度	备注
模式 1	柠条	5 半阳	中栗钙土	1 500	水平沟	1 m×4 m	柠条 2 490	柠条 2 115	2001	
模式 2	油松×柠条	7 半阳	中栗钙土	1 300	水平沟	行间混交 1:2, 油松 2 m×4 m	柠条 2 490, 油松 1 245	柠条 2 115, 油松 1 065	2001	柠条 1 m×4 m
模式 3	柠条×紫花苜蓿	5 半阳	中栗钙土	1 240	全面	行带混交, 柠条 1 m×4 m	柠条 2 490	柠条 2 115	2001	紫花苜蓿撒播
模式 4	紫花苜蓿	3 半阳	中栗钙土	1 210	全面	条播 2 cm×30 cm	紫花苜蓿 166 万株	紫花苜蓿 150 万株	2001	
模式 5	沙棘×紫花苜蓿	5 半阳	上栗钙土	1 380	全面	行带混交, 沙棘 1 m×4 m	沙棘 2 490	沙棘 2 115	2001	紫花苜蓿撒播
模式 6	山杏×沙棘×紫花苜蓿	5 半阳	中栗钙土	1 400	水平沟	株间 1:1, 1 m×4 m, 灌草行带混交	山杏 1 245, 沙棘 1 245	山杏 1 065, 沙棘 1 065	2000	紫花苜蓿撒播
模式 7	沙棘×落叶松	7 阳	中栗钙土	1 340	水平沟	行间 1:1, 1 m×4 m	沙棘 2 490, 华北落叶松 2 490	沙棘 2 115, 华北落叶松 2 115	1999	
模式 8	沙棘×樟子松	7 阳	中栗钙土	1 350	水平沟	行间 1:1, 1 m×4 m	沙棘 2 490, 樟子松 2 490	沙棘 2 115, 樟子松 2 115	1999	
模式 9	柠条×沙打旺	5 阳	中栗钙土	1 270	全面	行带混交, 柠条 1 m×0.5 m	柠条 1 333	柠条 1 133	2000	沙打旺撒播
模式 10	苹果	3 阳	中栗钙土	1 260	穴状	3 m×5 m	苹果 660	苹果 600	1999	
模式 11	沙棘×山杏×柠条×草木樨	5 阳	中栗钙土	1 270	全面	沙棘山杏株间均 3 m×6 m, 中间两行柠条 0.5 m×1 m	沙棘 555, 山杏 555, 柠条 6 660	沙棘 465, 山杏 465, 柠条 5 655	2001	草木樨撒播
对照	莜麦	5 阳	中栗钙土	1 490	全面	条播 3 cm×30 cm	莜麦 111 万株	莜麦 94.5 万株	每年	

注:柠条 *Caragana microphylla*, 油松 *Pinus tabulaeformis*, 紫花苜蓿 *Medicago sativa*, 沙棘 *Hippophae rhamnoides*, 山杏 *Prunus amariaca*, 华北落叶松 *Larix principis-rupprechtii*, 樟子松 *Pinus sylvestris* var. *mongolica*, 沙打旺 *Astragalus adsurgens*, 苹果 *Malus punila*, 草木樨 *Melilotus suaeolens*, 莜麦 *Avena nuda*。

表 2 退耕还林模式效益评价指标及其权重表  
TABLE 2 Benefit index and its power weight in CFF models

第一层次		第二层次		第三层次		综合权重
指标	权重	指标	权重	指标	权重	
生态效益	0.498	地表径流	0.205			0.102 2
		土壤侵蚀	0.211			0.104 9
		风蚀沙化	0.202			0.100 8
		土壤养分	0.245	有机质	0.293	0.035 7
				全 N	0.274	0.033 4
				全 P	0.233	0.028 4
				全 K	0.200	0.024 4
		调节空气	0.137	O <sub>2</sub>	0.478	0.032 6
				CO <sub>2</sub>	0.522	0.035 6
经济效益	0.301	直接经济效益	0.548	木材、果、草等		0.164 9
		间接经济效益	0.452	人均总产值	0.332	0.045 2
				人均纯收入	0.398	0.054 2
				粮食单产	0.270	0.036 7
社会效益	0.201	节约劳动力	0.175			0.035 2
		土地利用结构	0.166			0.033 3
		产业结构调整	0.159			0.032 0
		恩格尔系数	0.139			0.028 0
		生态建设支持率	0.130			0.026 1
		生活满意度	0.118			0.023 7
		干群关系及社会稳定度	0.114			0.022 9

2.1.2 结构分析与建立因果关系图、系统流程图

根据以上分析,本研究把退耕还林综合效益概括为生态、经济、社会效益三大子系统。系统的动态行为是由系统结构决定的,系统主要变量之间的因果关系反映了系统的内部结构。根据已确定的研究目标,经过分析得出系统边界内主要变量之间的因果关系。在因果关系图的基础上,绘制系统流程图(见图 1),图 1 比较直观地反映系统各个变量之间的相互关系,以及对未来动态行为的影响,这也是编制仿真程序的基础。

2.1.3 建立方程与参数确定

根据各变量之间的关系,应用系统动力学 Stella 仿真语言,并引入回归分析、灰色分析等多种数学手

段,建立各变量之间的关系方程(共 200 多个),编制了仿真程序。根据本研究的目的和特点,20 年即可反映各模式的效益对比,仿真区间确定为 2001—2020 年,仿真间隔为 1 年。各模式参数初值是试验测定的数据,有关常数是大量数据资料分析得出的。

2.1.4 模型调试、检验与运行

经过模式调试与检验,误差在 5% 允许范围之内,模型精度达到了试验要求。经过模型运行,得出各模式各指标的仿真结果。

2.2 优化模式筛选

经过模型运行、(0,1)标准化,并赋予权重,得出各个模式的生态、经济、社会效益和综合效益(见表 3)。

表 3 凉城试验点退耕还林各模式综合效益表  
TABLE 3 Collective benefit of CFF models in Liangcheng

林龄	模式 1	模式 2	模式 3	模式 4	模式 5	模式 6	模式 7	模式 8	模式 9	模式 10	模式 11	对照
1	0.416 9	0.397 4	0.821 6	0.839 4	0.833 8	0.771 7	0.564 7	0.487 0	0.574 9	0.377 5	0.674 1	0.260 7
2	0.456 3	0.451 0	0.853 9	0.860 5	0.865 5	0.853 9	0.595 4	0.523 1	0.568 1	0.395 9	0.703 2	0.209 7
3	0.463 0	0.458 2	0.818 7	0.816 2	0.819 1	0.887 1	0.601 3	0.522 4	0.594 3	0.428 3	0.680 4	0.184 9
4	0.461 6	0.469 3	0.801 1	0.801 5	0.801 4	0.891 2	0.607 5	0.535 8	0.579 6	0.411 0	0.702 6	0.177 6
5	0.457 9	0.474 8	0.779 6	0.759 1	0.766 1	0.872 5	0.587 4	0.524 2	0.588 7	0.426 7	0.664 0	0.149 3
6	0.439 4	0.463 6	0.743 9	0.682 1	0.702 6	0.830 5	0.507 2	0.449 8	0.515 8	0.569 3	0.698 3	0.056 6
7	0.420 0	0.444 0	0.666 6	0.625 4	0.637 2	0.767 6	0.495 3	0.439 4	0.486 3	0.594 9	0.645 2	0.052 8
8	0.403 2	0.430 3	0.643 5	0.608 8	0.621 5	0.749 7	0.489 1	0.436 9	0.464 5	0.581 5	0.618 0	0.051 2
9	0.409 0	0.440 4	0.633 1	0.599 0	0.607 1	0.740 6	0.477 2	0.441 2	0.465 1	0.601 7	0.615 4	0.046 0
10	0.411 7	0.446 5	0.620 5	0.581 9	0.593 7	0.725 9	0.489 6	0.448 6	0.465 7	0.606 4	0.614 9	0.048 9
11	0.416 9	0.454 4	0.611 9	0.561 4	0.580 8	0.709 4	0.469 5	0.428 1	0.461 1	0.606 4	0.619 1	0.047 5
12	0.418 7	0.459 6	0.612 9	0.566 9	0.582 8	0.712 9	0.468 4	0.435 8	0.458 7	0.612 3	0.618 9	0.044 4
13	0.423 5	0.466 9	0.613 3	0.593 9	0.582 1	0.715 9	0.485 5	0.452 4	0.459 0	0.617 9	0.619 2	0.045 1
14	0.426 6	0.472 5	0.612 2	0.577 9	0.581 6	0.718 6	0.492 6	0.456 1	0.458 8	0.621 4	0.618 8	0.048 4
15	0.430 9	0.480 1	0.612 6	0.569 1	0.582 2	0.721 0	0.487 8	0.455 2	0.459 8	0.640 9	0.618 0	0.045 6
16	0.436 6	0.488 5	0.615 6	0.593 0	0.587 2	0.726 9	0.487 6	0.466 6	0.462 9	0.641 3	0.626 4	0.045 9
17	0.442 8	0.500 1	0.619 1	0.604 0	0.585 3	0.729 5	0.488 5	0.468 8	0.467 4	0.626 7	0.632 7	0.046 6
18	0.451 0	0.511 5	0.625 0	0.595 6	0.585 8	0.731 2	0.471 0	0.463 1	0.473 6	0.628 6	0.643 2	0.046 8
19	0.464 3	0.532 5	0.635 6	0.606 5	0.587 2	0.734 2	0.492 2	0.482 2	0.488 3	0.647 4	0.668 4	0.048 6
20	0.487 3	0.559 9	0.655 3	0.621 5	0.584 7	0.735 9	0.488 6	0.489 3	0.511 3	0.647 5	0.711 8	0.048 7

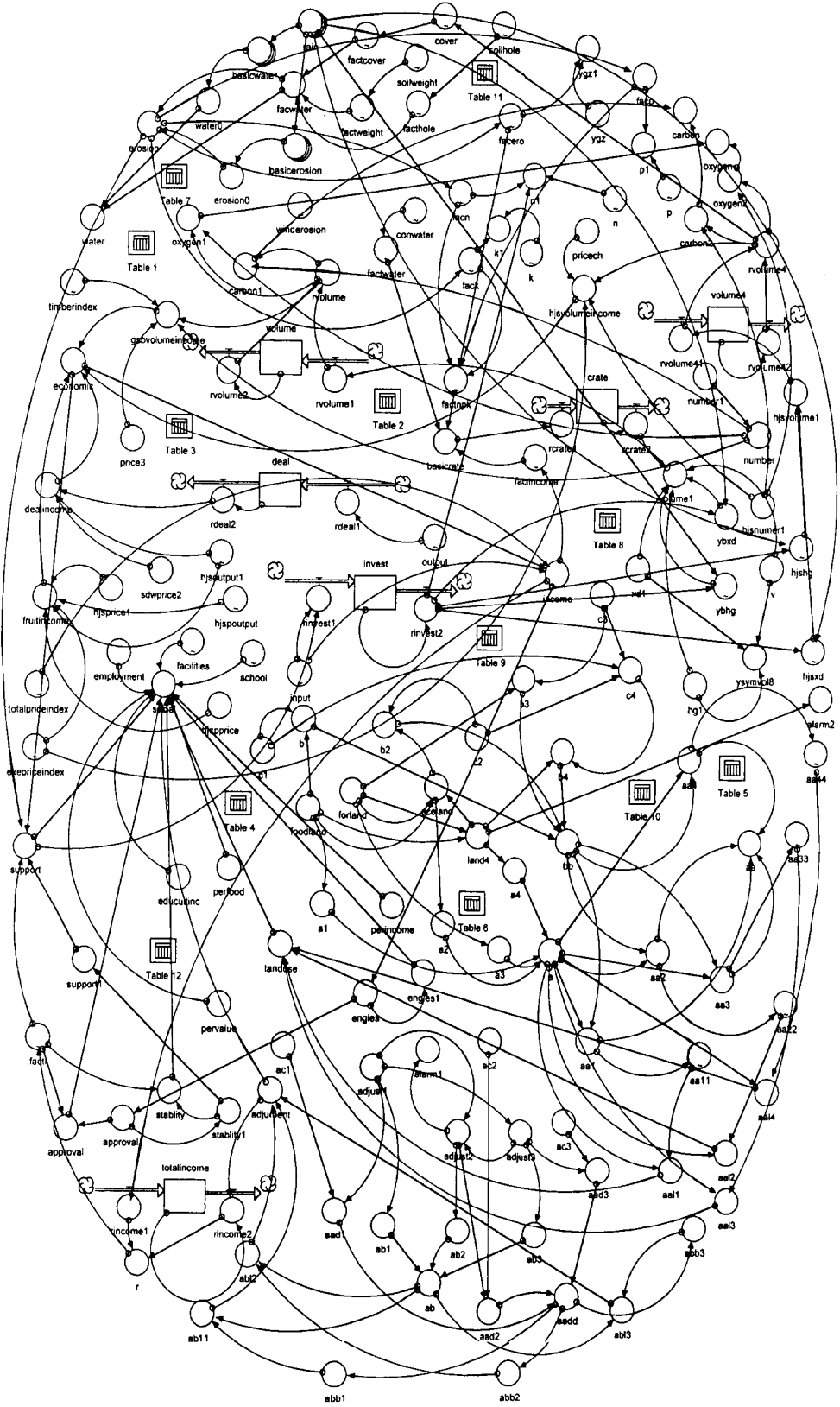


图1 退耕还林优化模式系统流程图

FIGURE 1 Flow chart of CFF models

通过方差分析,凉城县试验点的最优模式为模式6(山杏×沙棘×紫花苜蓿),该模式与其他模式及对照均有极显著性差异.同时,其他模式与对照也有极显著性差异,大部分模式相互之间也有显著性差异.

### 2.3 优化模式配套技术

#### 2.3.1 技术思路

凉城地处内蒙古高原向黄土高原、河套平原东端向阴山余脉过渡地带,又地处蒙晋交界的长城风沙线,南与山西以长城为界,含黄河、海河、内陆河

(岱海)<sup>3</sup>大流域,农牧交错、林草交错,属于典型的生态环境脆弱带.在干旱、多风、地表疏松多沙质的特定条件下,过垦、过牧和过度樵采等强度利用自然资源的人为活动,引起水土流失、土地沙化,水蚀风蚀交错,生态条件十分脆弱.该区不仅长年干旱少雨,而且春旱更为严重,是制约林业建设的主要因素,加强抗旱造林技术的应用、提高造林成活率是该地退耕还林的关键环节.为此,在遵循宜乔则乔、宜灌则灌、宜草则草的原则和实施“进一退二还三”战略的基础上,通过乔灌草有机结合、科学搭配,达到多树种、多层次的稳定群落,实现生态、经济功能与景观效果整体优化、综合效益最佳的整治目标.

2.3.2 模式设计

按照上述技术思路,根据模式立地条件和社会经济条件(该县是沙棘果酒、饮料等系列产品生产大县,建有大型龙头企业——鸿茅集团,需要消耗大量的沙棘果实;该县是国内著名奶制品企业——蒙牛集团的重点基地,是养牛大县,需要大量的优质牧草;该县是北方杏仁生产大县,产品供应露露集团等著名企业),选择生态、经济效益兼备的山杏、沙棘、紫花苜蓿,并应用互利共生原理进行混交搭配.山杏作为主要目的树种;沙棘作为伴生树种发挥防风

固沙、保持水土的作用,同时又能起到良好的土壤改良作用;紫花苜蓿不仅能在退耕还林当年就起到迅速覆盖地表、有效防止风沙作用外,又能充分利用林分郁闭前的光热等资源从而提高资源利用率,还能有效增加土壤氮素养分含量,从而起到一定的改善土壤作用.本模式克服了营造纯林群落生态稳定性差、病虫害多的弊病,三者 in 发挥良好生态效益的同时,均具有较高的社会效益.

2.3.3 技术要点及配套措施

①整地:水平沟整地,整地规格 170 cm×70 cm×70 cm,两个水平沟之间留 1 个 30 cm 宽的隔水土埂.春季整地,夏季蓄水保墒,以利于提高秋季栽植的成活率.②栽植:山杏、沙棘秋季人工植苗,造林密度均为 1 245 株/hm<sup>2</sup>,栽植前可适当浇水、施肥.紫花苜蓿采取人工撒播或条播.③抚育管理:造林种草后要及时封育,做好补植补造,并设专人管护,严禁放牧,封育时间一般为 5 年.有条件的可进行围栏封育.并加强病虫害鼠害的防治工作,做好病虫害的预测预报和林木防火工作.④实用技术应用:栽植后保留 50 cm 高的水平沟,以利于抗旱保苗.有条件的地方可以采用地膜覆盖、保水剂等抗旱技术,提高造林成活率.具体技术范式见表 4.

表 4 凉城退耕还林优化模式造林经营技术范式

TABLE 4 Mode of forestation and management of CFF optimized models in Liangcheng

		年																					
		-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
推广工作		x	x	x	x	x	x	x				x				x	x	x				x	
苗木培育	山杏	x	x																				
	沙棘	x	x																		x	x	
	紫花苜蓿	x	x																				
整地		1(水平沟)																					
栽植	山杏 沙棘	1(人工穴植)																					
	紫花苜蓿	1(人工或机械撒播)																					
浇水	山杏 沙棘	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	紫花苜蓿	x																					
抚育	山杏 沙棘		2	1	1	1																	
	紫花苜蓿	x	x	x	x	x																	
补植	山杏 沙棘			1	x(人工植苗)																		
	紫花苜蓿			x(人工撒播)																			
修枝	山杏 沙棘				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	紫花苜蓿																						
病虫害防治	山杏 沙棘			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	紫花苜蓿	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
施肥	山杏 沙棘	x																					
	紫花苜蓿	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
收获	山杏 沙棘					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	紫花苜蓿	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1											
年产量	山杏果实					x	x	x	x	x	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	山杏薪炭材																					X	
	沙棘果实					x	x	x	x	x	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	
	沙棘薪炭材																					X	
	紫花苜蓿	x	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x											

注: 1 为 1 年 1 次, 2 为 1 年 2 次, x 为需要的时候进行, 年产量中 x 为低产量, X 为高产量.

### 2.3.4 模式典型区及适宜推广区

模式典型区位于凉城县缓坡沙化耕地,适宜在年降水量 300~400 mm 的半干旱地区,相似立地条件推广应用。

### 2.4 模式生态、经济、社会效益相互关系机理分析

运用 MATLAB 对模式生态效益、经济效益和社会效益的关系进行描述。设定  $x$  轴表示社会效益,  $y$  轴表示经济效益,  $z$  轴表示生态效益值,那么在 3 大效益所构成的 3 维坐标中,通过效益值的比较可直观表达它们之间的关系。根据计算所得到的不同林龄所对应的社会效益( $x$ )、经济效益( $y$ )和生态效益

( $z$ ) 值的大小,构筑数据初始矩阵。根据 3 大效益所构成的向量矩阵,通过 MATLAB 数学运算,绘制出生态效益、经济效益和社会效益所构成的 3 维坐标中不同效益值之间的对应关系(图 2)。

从图 2 可知,凉城模式由于实行了乔灌草混交,这就使得造林当年生态效益十分明显,而谈不上经济效益和社会效益,随着时间的推移,经济、社会效益逐渐增加,而牧草有所衰落、生态有所下降,到 8~10 年生牧草完成其生命周期从而生态效益降到相对最低,而后随着山杏、沙棘的逐渐生长,经济、生态效益同步增加。

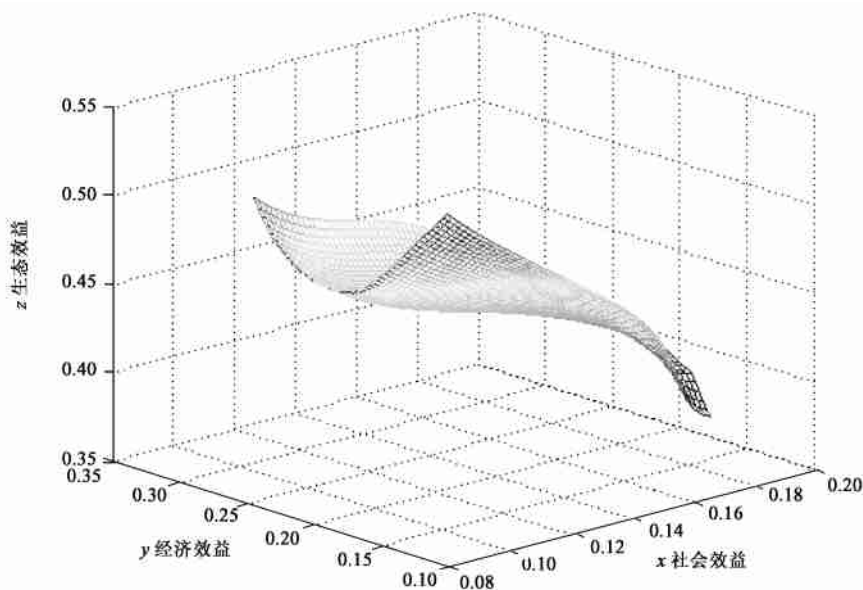


图 2 凉城退耕还林模式生态、经济和社会效益值之间的对应关系

FIGURE 2 The relation among ecological, economic and social benefits of CFF model in Liangcheng

## 3 结论与讨论

研究表明,退耕还林重点工程区的内蒙古自治区凉城县典型立地退耕还林优化模式为山杏×沙棘×紫花苜蓿,并研究提出了其系统仿真模型、模式配套技术及模式机理。本模式克服了营造纯林群落生态稳定性差、病虫害多的弊端,具有生态、经济、社会效益紧密结合,在该类自然和社会经济条件下综合效益最佳的效果。适宜在年降水量 300~400 mm 的半干旱地区,相似的立地条件下推广应用。

**致谢** 本文是在沈国舫院士、翟明普教授、李俊清教授的精心指导下完成的,特此致谢!

### 参 考 文 献

[1] 国家林业局退耕还林办公室. 退耕还林指导与实践[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003.

The CFF Office of State Forestry Administration. *Guidance and practice on the conversion of farmland to forests*[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2003.

[2] 张尚云. 金沙江干热河谷恢复植被与造林技术研究[J]. 西南林学院学报, 1997, 17(2): 1-7.

ZHANG S Y. Study on vegetational restoration and silviculture techniques in the dry-hot river valley of the Jinshajiang[J]. *Journal of Southwest Forestry College*, 1997, 17(2): 1-7.

[3] 王万忠, 焦菊英. 中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J]. 水土保持通报, 1996, 16(5): 1-20.

WANG W Z, JIAO J Y. Quantitative evaluation on factors influencing soil erosion in China[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1996, 16(5): 1-20.

[4] 马履一, 翟明普, 林平. 京西山地土壤理化性质的分布[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(1): 32-37.

MA L Y, ZHAI M P, LIN P. Analysis of soil physico-chemical properties of Beijing Xishan Mountain[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1999, 21(1): 32-37.

[5] 国家林业局. 全国林业生态建设与治理模式[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.

State Forestry Administration. *Forestry ecological restoration models in China*[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2003.

- [6] 国家林业局. 退耕还林技术模式[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.  
State Forestry Administration. *Technological models on the conversion of farmland to forests* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2001.
- [7] PEARCE C W, BARBIER E, MARKENDYA A. *Sustainable development and cost benefit analysis* [M]. London: LEEC Paper, 1988.
- [8] MALIK R K, GREEN T H, BROWN G F, *et al.* Use of cover crops in short rotation hardwood plantations to control erosion[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2000, 18(16): 479-487.
- [9] LIN K W, TIAO X. Preliminary result of the grass-tree system for rehabilitation of severely eroded red soils [J]. *Advances in Geocology*, 1998(31): 1 225-1 231.
- [10] 山仑. 怎样实现退耕还林还草[J]. 林业科学, 2000, 36(5): 2-4.  
SHAN L. How to implement the conversion of farmland to forests and grass[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2000, 36(5): 2-4.
- [11] 沈国舫. 西部大开发中的生态环境建设问题[J]. 林业科学, 2001, 37(1): 1-6.  
SHEN G F. On ecological restoration in developing western China [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 37(1): 1-6.
- [12] 李俊清, 崔国发. 西北地区天然林保护与退化生态系统恢复理论思考[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(4): 1-7.  
LI J Q, CUI G F. On nature forest protection and degraded ecosystem restoration in northwest China [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2000, 22(4): 1-7.
- [13] 支玲. 西部退耕还林(草)与生态经济协调发展研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2001.  
ZHI L. Discussion on replacing agriculture by afforestation in western China and coordinative development of ecology and economy [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2001.
- [14] GREEN B H. 农业对乡村自然环境的冲击[J]. 生态学报, 1990, 10(4): 5-10.  
GREEN B H. The agricultural impingement to environment in countryside [J]. *Acta Ecol Sin*, 1990, 10(4): 5-10.
- [15] 任海, 彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2001.  
REN H, PENG S L. *Guiding discuss on restoration ecology* [M]. Beijing: Science Press, 2001.
- [16] 李世东, 沈国舫, 翟明普, 等. 退耕还林工程区立地分类定量化研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(6): 9-13.  
LI S D, SHEN G F, ZHAI M P, *et al.* Quantitative study on the site classification of the conversion of farmland to forests programme [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2005, 27(6): 9-13.
- [17] 李世东. 中国退耕还林研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.  
LI S D. *Research on conversion of farmland to forests in China* [M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [18] 王其藩. 高级系统动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.  
WANG Q F. *Advanced system dynamics* [M]. Beijing: Tsiughua University Press, 1995.

(责任编辑 赵 勃)

## 本刊 2006 年第 3 期要目预告

- 姜岳忠等: 毛白杨幼林间作效应研究  
邹大林等: 三江源玛可河林区植物濒危程度和保护类别评价  
李贤军等: 微波真空干燥过程中木材内部的温度分布  
杜朝刚等: 胶粘剂对刨花板热压过程厚度方向表、芯层传热的影响  
匡文慧等: 吉林省东部山区近 50 年森林景观变化及驱动机制研究  
娄安如等: 中国北方农牧交错带河北省怀来县生态环境敏感性分析  
齐春辉等: 以基因枪法转化日本结缕草获得转基因植株  
张灿等: 松材线虫和拟松材线虫食道腺及其分泌物超微结构观察