

东北低山丘陵区小流域生态经济系统优化模式研究 ——以黑牛河流域为例^{*}

戴全厚^{1,2}, 喻理飞¹, 喻定芳¹, 翟 胜³, 刘明义², 王 艳²

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2. 吉林省水土保持科学研究院, 长春 130033; 3. 聊城大学 环境与规划学院, 山东 聊城 252059)

摘 要: 东北低山丘陵区是东北商品粮基地的重要组成部分, 对于国家的粮食安全及可持续发展具有重要的作用和意义。在分析当地生态经济现状及特征的基础上, 运用系统工程和运筹学原理和方法, 建立了该区小流域生态经济系统的主体——土地利用结构优化模式, 同时开展了环境整治措施优化配置及系统优化调控, 形成了“山上青松戴帽, 山间果树缠腰, 山下坝塘固脚, 塘内蓄水养鱼, 坝外开田种稻”的生态模式; 同时, 开展畜牧业生产和农业初级产品深加工, 并利用剩余劳动力发展第二、三产业, 形成了以农业为主, 兼顾畜牧业、农产品深加工和第二、三产业的经济模式, 二者结合构成了该区流域系统的生态经济结构模式, 为同类地区生态环境治理提供了依据和实体模型。

关键词: 小流域生态经济系统; 优化模式; 东北低山丘陵区

中图分类号: X171.1; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)04-0037-06

Study on the Optimize Pattern of the Ecological Economical System of Small Watershed at Low Hill Area in Northeast ——Taking Heiniu River Watershed as Example

DAI Quan-hou^{1,2}, YU Li-fei¹, YU Ding-fang¹, ZHAI Sheng³, LIU Ming-yi², WANG Yan²

(1. Forestry Academy, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. The Soil and Water Conservation Institute of Jilin Province, Changchun 130033, China; 3. College of Environment and Programming, Liaocheng University, Liaocheng, Shandong 252059, China)

Abstract: Low hill area is the important part of marketable grain base in northeast, which is also important for state's grain safety and sustainable development. On the basis of analyzing properties and present situation of local ecological economy, the study establish the optimal pattern of land use structure with the application of system engineering and operational research in this area. And according to renovating for local environment and optimal systematically control, the ecological pattern was formed: pine on the top of mountain, fruit tree in mountainside, pool in the foot of mountain, fish in the pool and paddy in the field. At the same time, development of livestock husbandry's production and agricultural primary products' further process, development of second and third industry using surplus labor jointly form the economical pattern: mainly relying on agriculture, considering livestock husbandry's production and second and third industry meanwhile. Their combination consists of the pattern of ecological economical structure in this area, and offer the basis and model for other same-kind area.

Key words: small watershed ecological economical system; optimum pattern; low hill area in northeast

东北低山丘陵区是我国东北商品粮基地的重要组成部分, 主产玉米、大豆等。随着人口增长和城镇化加速, 该区耕垦指数不断增大, 加之地形复杂, 其区内沟道、水系发育, 环境恶化严重, 经济发展滞后, 系统处于失稳失衡状态, 严重地阻碍着该区的可持续发展。因而, 在流域生态经济系统建设中, 不断调整农、林、牧等各业用地比例, 优化产业结构, 加强

生态环境建设是当务之急。进行陡坡耕地退耕还林还草, 加大经济林果树种植, 扩大畜牧业生产, 提高林、牧业收入, 以确保流域系统良性循环, 水土资源等支撑基础稳固, 生态、经济和社会环境效益最佳, 实现系统可持续发展, 并为政府决策提供理论依据。

^{*} 收稿日期: 2007-05-15

基金项目: 贵州大学科研启动基金项目(X060056); 贵州省自然科学基金项目(黔科合J字[2007]2150号); 国家重点基础研究发展规划项目(2006CB403206-6)

作者简介: 戴全厚(1969-), 男, 汉族, 陕西长武人, 副教授, 博士, 主要从事水土保持和生态恢复重建研究。E-mail: qhdairiver@163.com

1 流域生态经济现状及特征

黑牛河流域(42°56′06″ - 42°58′56″N, 125°13′44″ - 125°17′42″E)地处吉林省西南部,属长白山余脉,是东辽河二级支流黑牛河的降水汇流区,地形结构复杂,地势起伏,河流、沟道纵横交错,海拔高程 275~425.5 m,东高西低,台地、河谷相间,属低山丘陵地貌。在气候区上属温带半湿润大陆性季风气候,具有冬季漫长严寒,夏季高温多雨,春秋雨季短促且气温多变的特点,年均气温 5.2℃,年活动积温 2 700~2 800℃,无霜期 137 d,年总辐射 502.4×10³ J/cm²,热量资源供作物一年一熟有余。光照充足,日照百分率为 57%,年均降水量 658.1 mm,年内分配不均,6~9 月占全年的 67.9%。土壤主要有白浆土、灰棕土、草甸土,类型比较单一,土壤质量较低,基本农田少,坡耕地多。从地形、气候到社会经济、环境等在东北低山丘陵区均有一定的典型性,对这一区域的治理和研究,无疑具有较大范围的示范作用。

流域总面积 15.32 km²,以种植业为主,属农业生态经济系统,其中,农业用地 699.00 hm²,占总面积的 45.64%;林业用地 621.34 hm²,占总面积的 40.57%;果园 11.27 hm²,占总面积的 0.74%;荒山荒沟(未利用地)83.39 hm²,占总面积的 5.44%;河流水域 18.56 hm²,占总面积的 1.21%;草地(牧业用地)16.39 hm²,占总面积的 1.07%;非生产用地(村矿用地)81.66 hm²,占总面积的 5.33%(图 1)。

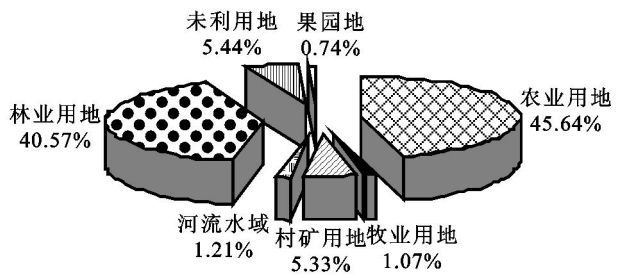


图 1 黑牛河流域土地利用现状图

人均占有耕地 0.26 hm²,年均单产 5 370 kg/hm²。年均总收入 3.11×10⁶ 元,其中农业收入 2.09×10⁶ 元,牧业收入 1.18×10⁵ 元,副业收入 9.06×10⁵ 元(包括林业及其它),年人均收入 1 170.59 元。

工副业主要有砖厂、绒织厂、石场各一座,木器加工坊三个,白酒酿造厂两座,总产值 2.06×10⁶ 元,利润 3.42×10⁵ 元。第三产业主要有食杂店 11 个,运输专业户 16 个,总收入 2.40×10⁵ 元。

2 优化指标体系建立

2.1 优化指标体系建立的原则

从小流域生态经济系统特征和实际情况出发,以生态建设发展经济为中心,以结构调整为主线,以科学技术和社会

文明为支撑,改善生态环境,提高农民生活质量,实现可持续发展为目标,遵循自然、经济和社会发展规律,坚持生态环境建设与开发并重,经济、社会和生态三大效益相协调的原则^[1],确定农、林、牧各业最佳比例,充分利用有限的自然资源,以最少的投入,取得最大的效益。并在对土地合理利用的同时,建立相应的防护体系,把水土流失控制在最低限度,实现生态良性循环。正确处理当前和长远利益之间的关系,以短养长,充分发挥人、地、物的作用,突出经济效益,使农民尽快富裕起来。

2.2 优化模式指标体系

2.2.1 社会经济发展指标

(1)人口增长指标。以自然增长率 0.5%为最大值。人口预测模型采用自然增长法模型^[2]。

$$P_t = P_0 (1 + a)^{(t-t_0) + (c-d)} \quad (1)$$

式中: P_t ——预测期末人口; P_0 ——现有总人口; a ——自然增长率; t_0 ——预测期初时间; t ——预测期末时间; c ——预测期内迁入人口; d ——预测期内迁出人口。

表 1 人口预测

迁入人口	迁出人口	预测人口
54	54	2837

利用公式(1)对 2005 年的人口密度进行预测,结果如表 1 所示。

表 2 粮食油料指标约束表 kg

人均粮	人均油料
2000	64

(2)农、林、牧、副产品指标约束条件。根据调查、综合分析和对未来的预测判断,确定了 2005 年的目标值,即各产品指标的约束条件(表 2、3、4、5、6)。

表 3 种植业指标约束

作物	单产/ (kg·hm ⁻²)	净产值/ (元·hm ⁻²)	需肥量/ (kg·hm ⁻²)
玉米	13500	3750	12000
水稻	7500	4500	62500
大豆	3750	3750	7500
薯类	62500	6750	10500

表 4 经济作物指标约束

经济作物	净产值/ (元·hm ⁻²)	需肥量/ (kg·hm ⁻²)
菸草	6000	10500
两瓜(西瓜、香瓜)	6750	12000
果园	4500	19000
蔬菜	90000	62500

表 5 林牧业指标约束表

项 目	樟子松	柞树	刺槐	胡枝子	紫穗槐	苜蓿	草木樨	沙打旺
单产/(kg·hm ⁻²)	6924	7659	15000	30000	62500	45000	37500	45000
净产值/(元·hm ⁻²)	3750	3750	3750	450	450	460	503	492

2.2.2 水土保持目标

对于流域系统的水土保持,一般要求流域内的水土流失量减小到最小程度,即控制到容许土壤流失量范围内。根据水利部规定的标准,东北低山丘陵区的土壤容许流失量为 200 t/(km²·a),即

$$E = G(k, t) \quad E_s = 200 \tag{2}$$

式中: E ——流域土壤流失量; E_s ——土壤容许流失量; $G(k, t)$ ——土壤流失量数。

表 6 畜牧业指标约束				
品种	产粪量/ (kg·头年)	饲 草/ (kg·头年)	精 料/ (kg·头年)	纯收入/ (元·头年)
骡马	9500	1500	500	610
黄牛	9500	1800	400	500
奶牛	9500	2000	400	2550
猪	2000	1000	800	150
禽	50	240	45	10

2.3 土地利用优化

充分利用土地资源,稳定粮食生产,增加经济作物,发展畜牧生产,突出综合经济。实现低投入、高产出,使系统生产和经济效益最大。

2.3.1 土地利用优化指标

土地利用优化设计是以土地适宜性评价为基础^[3],其指

标也与适宜性评价指标相似,因而应先进行土地适宜性及潜力评价,然后根据评价结果进行合理的土地利用规划。土地适宜性及潜力评价是对每个地块单元进行分级,以便对其生产能力和用途进行评价,确定土地的生产潜力。考虑东北低山丘陵区地块单元划分和土地生产力影响的主要因素,确定坡度、地貌部位、土地利用、侵蚀强度 4 个因子使其构成评价指标体系,详见文献[4]。

2.3.2 土地利用优化模型

建立农林牧用地最佳生态经济结构,是流域持续性发展和生态经济环境呈良性循环的基础,也是东北低山丘陵区生态环境整治的根本出路。土地利用结构优化是一个多目标、多层次的规划问题^[5],本研究采用系统工程和线性规划原理及方法,以有关自然资源、社会经济效益和水土保持生态环境效益作为约束条件,计算出满足生态、经济和水土保持及社会多目标要求,使流域系统总体功能达到最佳(纯受益最大),设决策变量为 x_j ,则其数学模型为:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \tag{3}$$

$$\begin{aligned} s. \ t. \quad & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (= \text{or} \) \ b_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \\ & x_j \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \end{aligned} \tag{4}$$

式中: a_{ij} ——投入产出系数(技术系数); c_j ——效益系数(利益系数); b_j ——约束方程的右边项(非负常数项); x_j ——决策变量(其含义见表 7)。

表 7 决策变量的设计和说明			
决策变量	含 义	决策变量	含 义
x_1	玉米在 级地上的面积, hm ²	x_{21}	蔬菜在 级改 级地上的面积, hm ²
x_2	玉米在 级改 级地上的面积, hm ²	x_{22}	苜蓿在 级地上的面积, hm ²
x_3	玉米在 级地上的面积, hm ²	x_{23}	草木樨在 级地上的面积, hm ²
x_4	水稻在 级地上的面积, hm ²	x_{24}	沙打旺在 级地上的面积, hm ²
x_5	水稻在 级改 级地上的面积, hm ²	x_{25}	樟子松在 级地上的面积, hm ²
x_6	水稻在 级地上的面积, hm ²	x_{26}	樟子松在 级地上的面积, hm ²
x_7	大豆在 级改 级地上的面积, hm ²	x_{27}	柞树在 级地上的面积, hm ²
x_8	大豆在 级地上的面积, hm ²	x_{28}	柞树在 级地上的面积, hm ²
x_9	大豆在 级地上的面积, hm ²	x_{29}	刺槐在 级地上的面积, hm ²
x_{10}	薯类在 级地上的面积, hm ²	x_{30}	刺槐在 级地上的面积, hm ²
x_{11}	薯类在 级地上的面积, hm ²	x_{31}	胡枝子在 级地上的面积, hm ²
x_{12}	薯类在 级改 级地上的面积, hm ²	x_{32}	胡枝子在 级地上的面积, hm ²
x_{13}	菸草在 级地上的面积, hm ²	x_{33}	紫穗槐在 级地上的面积, hm ²
x_{14}	菸草在 级改 级地上的面积, hm ²	x_{34}	紫穗槐在 级地上的面积, hm ²
x_{15}	菸草在 级改 级地上的面积, hm ²	x_{35}	骡马的头数
x_{16}	两瓜(西瓜、香瓜)在 级改 级地上的面积, hm ²	x_{36}	黄牛的头数
x_{17}	两瓜(西瓜、香瓜)在 级地上的面积, hm ²	x_{37}	奶牛的头数
x_{18}	果园在 级地上的面积, hm ²	x_{38}	猪的头数
x_{19}	果园在 级地上的面积, hm ²	x_{39}	家禽的头数
x_{20}	蔬菜在 级改 级地上的面积, hm ²		

3 小流域优化模式与实例

3.1 流域生态经济优化模式

流域生态经济优化模式是在开展土地利用结构优化,调整农林牧等各业比例,进行环境综合整治及措施优化配置与调控的基础上,实行山、水、林、田、路综合防治,形成“山上青松戴帽,山间果树缠腰,山下坝塘固脚,塘内蓄水养鱼,坝外开田种稻”的生态模式;同时,开展畜牧业生产和农业初级产品深加工,利用剩余劳动力发展第二、三产业,形成以农业为主,兼顾畜牧业、农产品深加工和第二、三产业的经济模式,生态、经济模式二者结合构成流域系统的生态经济模式。

3.2 黑牛河流域优化模式设计

3.2.1 建立小流域生态经济模式

以纯收益作为目标函数,其他目标作为约束条件。
令 $Z = -Z$, 则 $\max Z = \min(-Z) = \min Z$
引入松弛变量 $x_{(n+k)}$ ($k = 1, 2, 3, \dots, n$), 将该土地优化模型化为标准型:

$$\min Z = \sum_{j=1}^n c_j (-x_j) \quad (j = 1, 2, 3, \dots, 39) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} s. \ t. \quad & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - x_{n+k} = b_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, 39) \\ & x_j \geq 0, x_{n+k} \geq 0 \quad (k = 1, 2, 3, \dots, 39) \end{aligned} \quad (6)$$

利用 GIS 专家规划模块 LINDO 求解,得到优化结果如表 8。

表 8 土地利用优化结果表

变量	优化值	变量	优化值	变量	优化值	变量	优化值
x_1	28.808667	x_{16}	23.333333	x_{24}	23.333333	x_{35}	132.000000
x_2	340.467533	x_{18}	0.095116	x_{25}	205.756000	x_{36}	1365.000000
x_3	0.054928	x_{19}	99.904867	x_{26}	27.577347	x_{37}	135.000000
x_5	107.155533	x_{20}	48.636940	x_{28}	266.666667	x_{38}	2917.000000
x_8	52.68407	x_{21}	10.320887	x_{29}	6.666667	x_{39}	18700.000000
x_{10}	6.666667	x_{22}	79.223133	x_{32}	76.022667		
x_{13}	10.000000	x_{23}	23.333333	x_{34}	33.333333		

注:其余变量为零

目标函数 $\max Z = 11748460.00$

3.2.2 结果分析

(1) 影子价格分析。土地资源约束方程影子价格均大于零,说明土地资源缺乏,合理利用土地资源是很关键的问题。其余方程的影子价格均小于零或等于零,说明资源相对过剩,其中越小资源越丰富。

(2) 效益系数分析。决策变量 $x_2, x_3, x_5, x_8, x_{10}, x_{13}, x_{16}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{25}, x_{26}, x_{28}, x_{29}, x_{32}, x_{34}$ 的可增加值和可减少值均很小,它们的效益系数稍有变动,就有可能改变目标函数值和模型的最优解,从而改变土地利用的优化结构,属于最不稳定的一类。其余变量在规划中最多,其效益系数的变化对模型的影响因其效益系数变化而不同。当效益系数在常数的上限或下限与无穷大之间变动时,只影响模型目标函数的值,但当效益系数超出常数的上下限时,则会影响模型的最优解。

表 9 土地利用规划

hm²

地类								
面积	28.81	59.35	506.26	33.75	438.22	294.24	109.36	
玉米	28.13	0.05	340.46					
水稻			107.16					
农 大豆		52.63						
用 薯类		6.67						
地 菸草			10.00					
西瓜			23.33					
蔬菜		48.64	10.32					
果园			0.10	99.90				
林 樟子松				205.76	27.58			
业 柞树					266.67			
用 刺槐				6.67				
地 胡枝子							76.02	
紫穗槐							33.33	
牧 苜蓿					79.22			
用 草木樨					23.33			
地 沙打旺					23.33			

表 10 土地利用优化结构表

hm²

土地等级	农业用地	林业用地	牧业用地
	28.81		
	59.35		
	506.26		
	33.65	0.10	
		312.33	125.89
		294.24	
		109.36	
合计	628.07	716.02	125.89
比例	0.88	1	0.18

表 11 规划实现后人均占有粮及收入

人口/人		2837
粮食	总产量/ kg	5674000
	人均/ kg	2000
纯收入	总收入/ 元	11748460.00
	人均/ 元	4141.16

(3) 右端常数项分析。土地资源约束方程,目标函数值随右端的增大而增大,反之则减小,而且,土地级别越高,目标函数越大。其余是非土地约束,右端常数项的变化范围是两端均为常数的较窄区域,当在该区域变化时,不影响模型的最优解和函数值。但右端常数出限时,就会同时改变模型的最优解和目标函数值。

3.3 流域环境整治措施优化及配置

该流域的治理及生态环境建设措施优化及配置,本着“因地制宜,因害设防,先上后下,先坡后沟,沟坡兼治,工程措施,生物措施和农业耕作措施相结合”的原则,实行山、水、田、林、路综合治理,作到以工程保水养植物,以植物固土保

工程,集中治理,连续治理,形成多层次、多防线的综合性防护体系。根据该区土壤侵蚀特点和试验研究及优化配置基本原则,在该流域设置了分水岭及坡面防护体系、农田防护体系、沟壑治理防护体系、河流及水利工程防护体系和村屯道路建设防护体系五道防线,具体如下:

3.3.1 分水岭及坡面防护体系

凡是已开荒到顶和无林的山梁,均从分水岭开始,沿山脊营造以樟子松为主,50 m 宽的防护林,做到封顶护源。整地造林采取秋季挖树穴,早春栽苗,株行距 1 m ×1.5 m,成林后形成环抱闭合的防护林带。护坡林(25 ℃以上陡坡耕地和荒山荒坡)造林前,沿坡面以 50 m 的距离开挖水平竹节

壕,拦蓄坡面径流,壕埂栽种棉槐、刺槐,壕间实行穴状整地造林。阴坡以松树为主,并混以其它乔木,阳坡以刺槐、苕条等水土保持林为主。低质疏林地改造,采取皆伐更新或补栽补种,提高林分质量,增加密度,减少裸露地面。这样,防护林、坡面林与现有森林混为一体,形成了防治水土流失的第一道防线。完整的生物屏障是该流域生态建设的骨干工程。

3.3.2 农田防护体系

该体系主要指坡耕地的治理,根据东北低山丘陵区现状和不同坡度,将该区坡耕地划分为 3 ℃~12 ℃、12 ~ 20 和 20 四个坡度段,分别采取不同的保水保土措施,不断提高土地资源的使用价值,成为防治水土流失的第二道防线,详见表 12。

表 12 农田防护体系措施及配置

坡 度	措 施	作 用	备 注
3 °	增施农家肥,治涝、改良土壤	提高地力	建设高产稳产农田
3 ~ 12 °	等高垅作,并间隔 50 m 呈水平方向挖竹节沟	截短坡长,拦蓄径流	沟埂种苕条,发展埂坎经济
12 ~ 20 °	修建波浪式、水平式和竹节式梯田	改变微地形,控制水土流失	田埂种苕条、黄花菜等,发展地埂经济,竹节式梯田和部分其它梯田用来发展果树生产
20 °	还林种草	恢复植被,重建生态	

3.3.3 沟壑治理防护体系

沟壑防护体系,在工程措施方面,修建沟头防护、谷坊、沟边围埂;在植物措施方面,营造沟头、沟坡防护林,沟底防冲林。在配置过程中将工程措施和植物措施有机结合,形成防治水土流失的第三道线。治沟与治坡必须成为一个整体,两者不可偏废其一,只有控制住坡面的水土流失,治沟工程才能奏效,也才能减轻坡面径流对沟道的威胁。治沟体系主要有 4 种类型,具体如下:

- (1)以溯源侵蚀为主并有横向侵蚀的沟壑。重点是固定沟头,使其不再继续向前发展。具体措施是设沟头防护林,水流入口处削坡干砌加上反滤层,同时采取植物防护,固结土质。沟壑两侧较陡的部位,进行削坡修成水平阶,并种上植物加以固坡。沟缘栽林带,外侧挖截流沟,拦蓄部分坡水。
- (2)横向侵蚀剧烈的沟壑。首先将沟坡削至安全坡度并修成水平阶,随即采用谷坊,沟头防护和营造沟壑林等措施加以控制沟道的横向发展。
- (3)沟底下切严重的沟壑。采取修筑土、石谷坊,拦蓄径流泥沙,抬高侵蚀基点,为实施生物措施创造条件,进行封沟育林。
- (4)稳定的老年沟。主要是保护已有的林草不遭破坏,并栽植经济林果。

3.3.4 河流及水利工程防护体系

治理村间小河,按 10 年一遇行洪标准,拓宽河床,两岸筑堤并以植物为主建生物护岸。适合裁弯的河段,分段裁弯取直,凹岸建丁坝,顺直汇流交叉处,设置顺坝。对现有黑牛、禄山两座水库,提高工程标准,达到设计要求,起到宏观控制作用。从而使山水入河而下,蓄水工程发挥储排调节作用,变水害为水利,保护耕地和村屯安全,成为防治水土流失的第四道防线。

3.3.5 村屯道路建设防护体系

道路建设做到路面平坦不积水。路边沟、树台、一步到

位,有水能排,畅通无阻,消灭无树路段,达到路成线,树成行。大面积果园内修区间作业路,方便生产运输果品。村屯建设,实施新农村建设规划,搞好环境绿化、美化,以杨柳树为主,适当配置风景花卉树,成为防治水土流失的最后一道防线。

3.4 流域生态经济体系调控

生态经济系统具有鲜明的区域性特征,在旱作条件下,不仅无法从根本上摆脱自然的束缚,而且还受交通、信息等社会环境条件的制约,因而,建立优化生态经济系统首先应立足于提高系统内生物小循环功能,采用提高环境整治技术标准 and 生物链加环技术等,创造条件,发展工副加工业和渔业生产,不断提高系统功能,逐步实现系统可持续发展。

(1)提高水土保持技术标准,控制不稳定因素 黑牛河流域生态经济系统功能主要受来自大自然的水、风、重力及气候等不稳定因素的影响,该区首位的不稳定因素是水,其次是气温和风等,在优化生态经济系统建设初期,已形成了控制不稳定因素方面的配套体系:防治土壤侵蚀的工程与生物措施,提高地温减少蒸发的地膜覆盖和塑料大棚技术,防风固土的农业防护林网等。现在主要是在此基础上提高各种措施的标准,加大截流蓄水能力,保证降水不下坡,泥沙不入沟,尤其是村庄道路和坡耕地,应作为重点。加强坡面及河谷滩地的农田防护林管护,及时更新优良树种,使其既要发挥保护农田的作用,又要尽量减少因胁迫造成的损失。培肥土壤,提高有机质含量,以增强土壤自身的蓄水保墒和形成团粒体的能力。

(2)发挥土地资源的生产潜力。黑牛河流域土地资源潜力较大,应将农田现实最高生产力作为目标,增加能量投入,保持水土,加强管理,实现稳产高产,特别要重视占耕地面积 12.2 %的梯田和水田生产力的提高,因为梯田、水田有更大的潜力。此外,该流域系统的总土地利用率也有待提高,田边、地埂、林网胁地等浪费很大,净耕地面积仅占总面积的

74.5%。在耕地、果园等地类中,设立农田保护区,建立完善灌溉系统,提高果园、农田的生产水平,建立稳产高产田。

(3) 增加生物资源营养链和能量交替路径,提高生物多样性。黑牛河流域生物资源营养链和能量交替路径短,生物多样性差,农作物品种单一(主要是玉米、大豆等),动物也仅有一些常见的家禽家畜。因而,在系统建设过程中可利用食物链加环技术增加营养链和能量交替路径,如用谷类或果树昆虫养鸡,鸡粪回田(果树施肥)或养猪,猪粪养鱼,塘泥回田等。同时还可通过植物引种和动物养殖,提高生物物种多样性,如在建设中,引进红南果、沙地沟杏等优良果树品种,红梢柳、乌柳等优良风景绿化树种;利用柞树资源,发展鹿养殖(这里曾是梅花鹿的故乡)和柞蚕养殖;利用天然次生林放养林蛙,水资源发展水产生产等,充实丰富动、植物等生物品种和结构,不断提高流域系统的生物多样性。

(4) 发展加工业,让产品增值,推动农业产业化。对于人均有 0.57 hm^2 土地,其中只有 0.27 hm^2 耕地的生态经济系统来说,只靠出售初级产品,虽然风险小,但经济发展的速度和强度却很有限。据系统内酿造业主计算可知,玉米酿成酒后,可增值 50% 以上,如果将其它农产品进行加工,其获利会更多。待有一定经济基础后,便可利用系统内其它原料,发展编织业、果品加工业、绿色食品加工业等,充分利用系统剩余劳动力,大力推动农业产业化。

(5) 发展水养渔业,让水资源产生更大效益。黑牛河流域系统内有天然水域面积 18.56 hm^2 ,加上开展生态经济系统建设以来所建 10 座塘坝和 2 座小型水库,共有水域面积 43.89 hm^2 ,人均 0.02 hm^2 ,这些水资源除用于灌溉,人畜饮用外,还可以用来发展渔业生产。据对渔农调查,每公顷鱼塘可产鱼 25 t,产值达 1.88×10^5 元,效益极为可观。

(6) 控制人口是建设优化生态经济系统的保证。人不仅是生态经济系统的主宰者,能按自己的目标,用高科技使系统功能增强,同时又是最大的消费者。与资源和生产相适应的消费,对系统内物质循环和能量流动起促进作用,相反,将导致资源危机,环境恶化,系统平衡遭到破坏。按区域的自然(主要是土地和水资源)、生产技术水平和人均消费水平(小康型)计算,试区人口已经超载。按目前的人口状况,用自然增长法人口预测模型的方法预测 2005 年的人口为 2 837 人,届时光是人口增加因素导致的人均耕地减少量为 12% (以 1995 年耕地为基数计算),与耕地减少相适应的粮食生产力平均必须达到 $6\,500 \text{ kg/hm}^2$,而这个生产力水平,如果没有大的技术突破是实现不了的。由此可见,控制人口极为重要。

4 结 语

(1) 运用系统工程和运筹学原理和方法,确定了小流域生态经济系统优化模式的指标体系——社会经济发展指标和土地利用指标。建立了小流域生态经济系统的主体——土地利用结构优化模型,并对该区土地利用结构进行了多目标规划。

(2) 利用交互式线性规划软件(LINDO)和土地利用结构优化模型对黑牛河小流域土地利用生态经济进行了优化,调整了农林牧各业的用地比例,并进行了影子价格和灵敏度分析,为生态经济系统建设提供了理论依据。

(3) 环境整治措施是小流域生态经济系统模式的重要组成部分,其措施及配置是否科学,调控是否得当,直接关系到流域系统生态经济环境建设的效果。在环境整治措施与优化配置中配置了 5 道防线,在调控中,主要采用提高环境整治技术标准,加大投入,开展农业初级产品深加工、水产养殖技术和控制人口等措施,保证生态经济系统的良性、持续、健康发展。同时,利用食物链加环、植物引种和动物养殖等技术措施,增加生物资源营养链和能量交替路径,提高流域系统的生物多样性。

(4) 东北低山丘陵区小流域生态经济系统模式是在开展土地利用结构优化,调整农、林、牧等各业比例,进行环境综合整治及措施优化配置与调控的基础上,实行山、水、林、田、路综合防治,形成了“山上青松戴帽,山间果树缠腰,山下坝塘固脚,塘内蓄水养鱼,坝外开田种稻”的生态模式;同时,开展畜牧业生产和农业初级产品深加工,并利用剩余劳动力发展第二、三产业,形成了以农业为主,兼顾畜牧业、农产品深加工和第二、三产业的经济模式,二者结合构成了该区流域系统的生态经济结构模式。

参考文献:

- [1] 孙立达,赵廷宁,齐实,等.水土保持规划学[M].北京:北京林业大学出版社,1988.
- [2] 王礼先,著.水土保持学[M].北京:中国林业出版社,1995.
- [3] 孙立达,赵廷宁,齐实.小流域综合治理理论与实践[M].北京:中国科学技术出版社,1992.
- [4] 戴全厚,刘明义,王跃邦,等.东北低山丘陵区土地适宜性评价与潜力分析[J].水土保持通报,2003,23(1):27-31.
- [5] 方红远,王哲,严克玉,等.小流域综合治理规划方法研究[J].系统工程理论与实践,1999(12):108-113.