

# 吴起县农业生态经济结构耦合发展模式及耦合效应研究<sup>\*</sup>

梁磊磊<sup>1</sup>, 姜志德<sup>1</sup>, 王继军<sup>2</sup>, 冯生元<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 经管学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;  
3. 安塞县植保站, 陕西 安塞 717400)

**摘 要:** 依据吴起县资源特征、农村经济现状, 提出了丘原( 润) 生态农业、丘陵沟壑林草恢复和梁峁川农果加工经营等 3 种最佳的农业生态经济耦合发展模式; 根据耦合原则, 并通过线性规划, 合理利用各种结构要素在系统内相互的耦合作用, 得到耦合发展的最佳农业生产结构; 通过农业生态经济结构耦合, 协调产业和资源( 量) 的关系, 从根本上解决资源短缺和浪费并存问题。

**关键词:** 农业资源; 耦合发展模式; 农业生态经济; 耦合发展效应; 吴起县

中图分类号: S181; F062. 2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0070-05

## The Coupling Development Models of Agricultural Eco-economic Structure and Coupling Development Effects in Wuqi County

LIANG Lei-lei<sup>1</sup>, Jiang Zhi-de<sup>1</sup>, WANG Ji-jun<sup>2</sup>, FENG Sheng-yuan<sup>3</sup>

(1. College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Plant Protection Station of Ansai County, Ansai, Shaanxi 717400, China)

**Abstract:** According to the local conditions of the resources and the current economic situation, as a case study in Wuqi county, three best types of the coupling development models of agricultural eco-economic structure are put forward in this paper. The first one is the original Hill (Stream) ecological agriculture. The second one is the forest and grass recovery. The third one is fruit processing operations of Liangmaochuang. Therefore, according to coupling principles, and through linear programming, legitimately use various structure elements in the inside system of the interaction, we can obtain the best coupling agricultural production structure. Through agricultural eco-economic structure coupling, coordinating relationship between the industry and the resources (volume), we can radically resolve the configurative problems between shortage of resources and waste.

**Key words:** coupling development models; agricultural eco-economic; coupling development effects; Wuqi county

农业生态经济耦合发展是一个综合的复杂的系统工程, 涉及到社会、经济、生态等诸多方面<sup>[1]</sup>。耦合问题最初于 20 世纪 80 年代被提出来。20 世纪 90 年代中期, 任继周等阐述系统耦合理论<sup>[2]</sup>。通过系统耦合可以扩大系统的生态与经济效益, 大大地提高生产力<sup>[2-5]</sup>。此后, 国内外学者对农业生态系统耦合模式<sup>[6]</sup>和耦合效益<sup>[7]</sup>展开广泛的研究, 实证研

究主要针对黑河流域农牧业耦合系统<sup>[8-10]</sup>。可见, 通过农业生态经济耦合, 可大幅度提高农业生产水平并能取得良好的生态、经济和社会效益。因此, 建立适宜的农业生态经济系统耦合发展模式, 使农业资源的开发利用达到最佳运行状态, 是农业可持续发展的基础。

吴起县位于陕西省西北部, 严酷的自然环境造

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-10-22

基金项目: 国家自然科学基金(40771082); “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD09B10); 中科院重大项目(KSCX-YW-09-07)

作者简介: 梁磊磊(1983-), 男, 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 研究方向为区域发展规划与经济评价。E-mail: liangleilei2007@163.com

通信作者: 姜志德(1964-), 男, 重庆市人, 教授, 硕士生导师, 研究方向为资源经济学、生态经济与区域可持续发展。E-mail: zhidej@ sina.com

成大部分地区自然经济条件十分脆弱,这已成为当地土地资源可持续发展的主要障碍。20 世纪末,国家实施退耕还林工程,改善了吴起县的生态环境,农业用地得以养息,农业生产条件进一步提高,但整体上仍然以传统单一的农业种植结构为主。由于农民大量使用化肥和农药,造成耕地板结化,近年来,吴旗县通过舍饲养羊,改变了农业生产结构,除基本口粮田外,坝地和梯田种的主要是苜蓿,用以供应舍饲养羊所需牧草。但坡地特别是远山封育坡地的林草资源未得到合理的利用,使牧草资源大量闲置和浪费。2007 年,吴起县草地面积  $197\,333\text{ hm}^2$ ,实际利用面积  $66\,667\text{ hm}^2$ ,其中人工草地面积  $6\,400\text{ hm}^2$ ,占总草地面积的  $33.8\%$ 。另一方面在退耕还林还草过程中,有些种草户没有养殖业,由于未建立起资源使用权转让机制,养殖户原料短缺,非养殖户资源浪费。这表明农业产业链条较短,林草产业及相关产业发展滞后,农业生态系统和农业经济系统处于孤立的状态。因此,无论从资源特征,还是从生态安全的要求出发来确定和调整其产业结构,耦合发展是其唯一的选择,对于处理生态建设和农村经济发展起着关键的作用。本文以陕西省吴起县为例,建立吴起县农业生态经济结构耦合发展模式并分析生态经济耦合效益,这对黄土高原丘陵沟壑区经济发展和生态建设具有重要的参考价值。

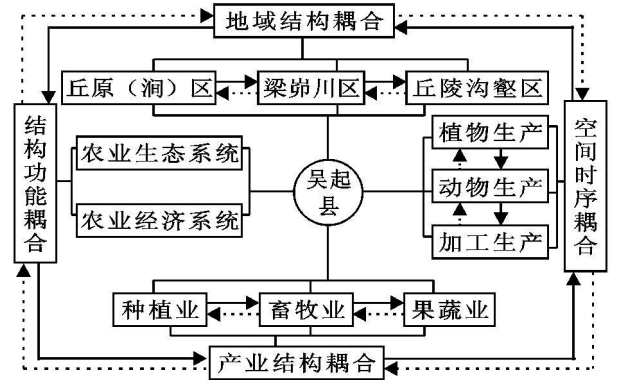
### 1 研究区概况

吴起县位于延安地区西北部,地理位置介于  $36^{\circ}33'33''-37^{\circ}24'27''\text{N}$  与  $107^{\circ}28'57''-108^{\circ}32'49''\text{E}$  之间。海拔  $1\,229\sim 1\,830.3\text{ m}$ ,总面积  $3\,791.5\text{ km}^2$ ,总耕地面积  $20\,090\text{ hm}^2$ ,占吴起县总面积的  $5.3\%$ 。吴起县辖 4 镇 8 乡,全县总人口 125 616 人,其中农业人口 107 279 人,占  $85.4\%$ 。属于半干旱温带大陆性季风气候,春季干旱多风,夏季旱涝相间,秋季温凉湿润,冬季寒冷干燥,年平均降水  $483.4\text{ mm}$ ,年均无霜期 146 d,年均日照时数为  $2\,400\text{ h}$ ,日平均  $6.6\text{ h}$ ,日照百分率为  $54\%$ ,年平均气温  $7.8^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温  $37.1^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温  $-25.1^{\circ}\text{C}$ 。该县属于黄土高原丘陵沟壑区,地貌总体上以梁为主,山、梁、峁、川、涧、沟、谷并存,地势东北部高,西南部低,可以以白于山为界,南侧为梁峁状丘陵区,约占总土地面积  $85\%$ 。北侧为黄土梁涧区,约占总土地面积  $15\%$ 。土壤类型以黄土性土为主,占总土壤面积的  $97.6\%$ ,从总体上看,普遍存在碱、瘦、薄的特征,土壤肥力差,水土极易流失,加之传统单一的农业种植结构,农民通过大量化肥、农药的使用,在贫

瘠的土地上掠夺式的开垦和经营着单产不足  $2\,125\text{ kg/hm}^2$  的粮食生产,造成土地退化,生产力下降,农民收入增长缓慢,这严重影响该地区的生态经济建设。

### 2 农业生态经济耦合发展结构

自退耕还林工程实施以来,黄土高原的农业生产结构发生本质的改变。土地资源的利用现状除保证基本口粮田  $1.33\text{ hm}^2$  外,全部退耕或休耕,植被覆盖率以已达  $38.2\%$ ,生态环境有所好转。但由于农业产业结构单一,替代产业和规模化经营发育不成熟,丰富的草牧业资源不能及时利用。因此,发展高效生态农业,在保护和改善生态环境的前提下,根据宜农则农,宜草则草,宜林则林的开发原则,调整传统的农业生产结构,建立农业生态经济结构耦合发展模式(图 1)。利用农业资源的时序性,使植物生产、动物生产和农产品加工形成产业链,有利于资源在年度的供需平衡和农村剩余劳动力的转移。利用种植业、果疏业和畜牧业之间优势互补,使资源充分利用,减少市场风险。最终形成丘涧区、梁峁川区和丘陵沟壑区的综合开发利用。实现产业结构、地域结构、空间结构和时序结构耦合,促进生态系统和经济系统协调发展。依据吴起县地理特征、水热条件和生态建设的需要,配置农业资源,进行产业结构调整(表 1),通过合理利用水土资源,林草植被恢复和替代产业培植及产业化经营,形成能流、物流、信息流、资源流和价值流耦合而成的高效生态经济带,解决资源短缺和浪费并存,最终实现受损生态系统的改善、资源的合理配置和生产系统的持续稳定发展<sup>[12]</sup>。



(参考刘进元等改进)

图 1 吴起县农业生态经济结构耦合发展模式

### 3 农业生态经济结构耦合发展模式

依据其土地资源、产业结构和土地特征(表 1),兼顾其他相关条件,吴起县农业生态经济耦合发展应遵循以下 3 大耦合发展模式,其建设的基本思路

和内容如图 2 所示。

(1) 东北部丘原( 涧) 生态农业模式。该地区有固定的水利灌溉设施, 坡度在 25℃ 以下的有效灌溉面积 450 hm<sup>2</sup>, 占可耕种面积的 12%, 昼夜温差大, 光照充足, 农业生产水平相对比较高, 水资源丰富, 拥有 3 个( 周湾、边墙渠、西效) 水库, 面积 493. 4 hm<sup>2</sup> 占总水库的 75. 7%, 水质好, 是大水利工程的主要灌溉区, 是发展高效农业和设施农业最适宜的地区。采用先进的农业生产技术, 高效合理利用有限的水土资源, 利用节水灌溉技术来提高农田单产和水资源利用率, 利用秸秆垫圈沤肥技术生产大量的有机肥提高土壤肥力, 减少化肥的使用量, 形成高效合理利用的现代生态农业发展模式。

表 1 吴起县土地资源和产业结构配置

区 域	面积/hm <sup>2</sup>	产业带	坡度/(°)	面积比例/%	生产内容
东北丘原 ( 涧) 区	46101. 71	农业	< 10	35	马铃薯、玉米、粮食
		牧业	10~ 25	25	猪
		林业	> 25	40	防风林带
西北丘陵沟壑区	175273. 28	农业		15	玉米、谷子、油菜籽
		牧业	< 35	40	羊、肉牛
		林业	> 35	45	经济林、环保林
中南梁峁川区	157771. 12	农业	< 20	55	蔬菜瓜果、粮食
		牧业	20~ 25	35	猪、鸡、特色养殖
		林业	> 25	10	果木林、绿化苗木

(3) 中南梁峁川地农果加工经营模式。以工业化的思维谋划草畜产业和沙棘、杏果产业。先后引进延河、紫瑞和华联锦园三家大型农产品加工企业, 与宜兴茗岭茶厂合资的沙棘茶项目, 基本上形成了农户加基地、基地连公司、公司联市场的产、加、销一体化发展格局。按照这种产业化发展要求, 重点培育以蔬菜、杏果、沙棘等特色农产品, 通过农产品加工链条, 形成草、羊、果、蔬为主的 4 大主导产业。最终形成以羊为主的牧草种植- 养殖- 肉类加工- 销售产业链, 生态经济林- 果品加工- 外销配送, 绿色蔬菜- 加工- 保鲜冷藏- 外销配送产业链等三大高效生态农业生产链。使农果加工经营模式成为互相耦合的生态经济系统, 推动区域生态、经济和社会的快速持续协调发展。

## 4 农业生态经济结构耦合发展的最佳生产模式及其效应

### 4.1 研究方法

在建立的农业耦合发展模式的基础上, 运用线性规划及计算机软件来调整吴起县农业生态经济结构; 通过分析现行的农业生产结构, 确定模型建立的基本原则、函数目标、系统决策变量, 模型约束方程和参数, 以获得 3 类地区的最佳生产模式。建立的

(2) 西北丘陵沟壑区林草恢复模式。坡度在 35℃ 以下的山地和丘陵沟壑区, 总面积 96 400 hm<sup>2</sup>, 占吴起县可利用土地面积 20. 8%, 属黄绵土, 有机质含量低, 为 0. 5% ~ 0. 6%, 肥力低, 保水保肥差, 水土流失严重, 生态条件十分脆弱, 不适合农业生产。恢复植被是这类地区生态建设的重点, 大部分荒山荒坡和沟壑荒滩种植林草, 重点发展生态经济林和草地畜牧业。坡度在 35℃ 以上的地区, 进行人工造林, 同时封山育林, 利用植被的天然恢复能力, 形成林草结合的植被群落, 达到改善生态环境的目标。即提高植被覆盖率, 恢复生态系统, 又增加了当地农民收入, 最终形成土- 草- 畜- 粮- 经- 饲一体化的农林牧耦合生态经济模式。

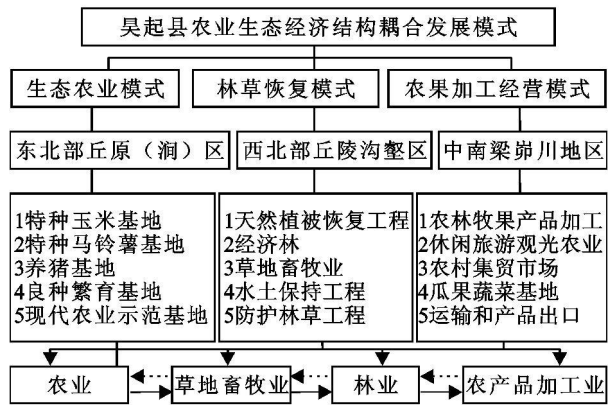
数学模型为:

$$\begin{aligned} \sum a_{ij} x_j &\leq b_i \quad (b_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m) \\ x_j &\geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

—约束方程

使  $f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j = \max$  (或  $\min$ ) 的一组解  $(x_j)$  一目标函数

式中:  $x_j$  ——决策变量;  $a_{ij}$  ——约束条件中决策变量系数(或技术系数);  $b_i$  ——第  $i$  项资源限制量及生产限制量(约束方程右端);  $c_j$  ——目标函数中变量系数总产量或净产值系数(或效益系数);  $f$  ——决策目标。



( 据刘进元改进)

图 2 吴起县农业生态经济结构耦合发展模式

函数的目标为保持最佳生态条件下获得最好的经济效益为目标。

4.2 数据来源

分别在东北丘原( 涧) 农林区、西北部丘陵沟壑牧林区和中南梁峁川地农果加工区内选取长城乡、王洼乡和吴起镇 3 个地点, 利用 2007 年吴起县统计年鉴的数据, 得到农业生产结构中各生产要素的数值, 以及畜牧业收入占农业总收入的多少, 种植业结构等指标。

4.3 结果与分析

4.3.1 东 北部丘原( 涧) 农林区 以长城乡为例, 由于土地基础条件好, 水资源丰富, 农业生产水平相对较高, 以粮为主。所以本地区应该以粮食生产为主, 以林业为重点, 以畜牧业、果业为补充, 实现农果耦合。2007 年粮食作物、经济作物、饲料作物的种植面积比为 6.65: 1: 3.01, 经耦合后得到最佳结果比为 1.75: 1.34: 1(表 2)。家畜结构中役畜的减少, 这是农业生产向农业现代化发展的必然结果(表 3)。2007 年, 种植业与养殖业经济收益比值为 0.63: 1, 耦合后最佳结果变为 5.88: 1, 人均农民收入由耦合前 2 106.6 元增加到 2 711.3 元, 增加 28.7%(表 4)。

表 3 三类乡镇农业生产结构耦合最佳模式

项 目	王洼乡		吴旗镇		长城乡	
	现状	耦合最佳结果	现状	耦合最佳结果	现状	耦合最佳结果
玉米	6.00	11.63	36.67	53.33	33.33	28.00
谷类/ hm <sup>2</sup>	2.00	3.53	2.00	0.63	4.33	2.67
豆类/ hm <sup>2</sup>	7.80	1.77	10.00	0.57	13.33	2.67
薯类/ hm <sup>2</sup>	44.00	50.45	66.93	73.33	43.80	55.53
向日葵/ hm <sup>2</sup>	0.67	0.42	1.33	1.00	1.33	2.00
其他油料/ hm <sup>2</sup>	1.80	0.80	2.00	1.67	1.33	2.00
蔬菜用地/ hm <sup>2</sup>	5.00	0.00	22.13	11.87	6.93	8.67
瓜果用地/ hm <sup>2</sup>	1.33	0.00	2.67	1.33	0.67	3.53
人工草地/ hm <sup>2</sup>	196.06	474.90	8240.77	9612.32	186.69	0.00
果园/ hm <sup>2</sup>	12.33	0.00	868.00	950.00	442.00	640.00
放牧羊/ 只	3731	15670	14178	7500	27235	4000
育肥牛/ 头	13	56	160	320	373	100
鸡/ 只	12700	5321	22800	6000	13700	7000
兔/ 只	0	0	5100	1036	17500	5000
役畜/ 只	1042	1269	33651	23456	485	340

4.3.3 中南梁峁川地农果加工区 以吴旗镇为例, 该地土地类型以坡、川为主, 土壤结构良好, 肥力、保水保肥性相对较高, 土壤有机质含量 0.6% ~ 0.8%。在以粮食生产为基础, 以经济林果( 苹果、山杏) 为重点, 以畜牧业为补充, 以农产品加工业为纽带, 实现种养、加、农、工、商一体化生产, 促进经济生活的全面发展。2007 年粮食作物、经济作物、饲料

表 2 三类乡镇生产结构耦合最佳前后三元种植结构 %

乡 镇	项 目	粮食作物	经济作物	饲料作物	粮经饲面积比
长城乡	现状	61.1	9.7	29.2	6.65: 1: 3.01
	耦合最佳结果	42.79	32.76	24.45	1.75: 1.34: 1
吴旗镇	现状	64.69	12.1	23.21	5.35: 1: 2
	耦合最佳结果	30.57	11.5	57.93	2.66: 1: 5.04
王洼乡	现状	75.8	12.8	11.4	6.65: 1.12: 1
	耦合最佳结果	22.75	11.85	65.4	1.92: 1: 5.52

4.3.2 西 北部丘陵沟壑牧林区 以王洼乡为例, 由于该地土地类型以坡、沟、梯为主, 沟壑密度为 2.59 km/km<sup>2</sup>, 水土流失严重, 侵蚀模数 5 400 t/(km<sup>2</sup> · a)。为改善生态本地区应以畜牧业为主, 粮食生产为基础, 山杏、油豆生产为补充, 实现农牧耦合。2007 年粮食作物、经济作物、饲料作物的面积比为 6.65: 1.12: 1, 耦合后得到最佳结果比为 1.92: 1: 5.52(表 2)。畜牧业结构中, 羊的数量由 3 731 只增加到 15 670 只, 育肥牛数量由 13 只增加到 56 只(表 3), 这即满足了当地草地的承载量, 又增加了农民收入。2007 年种植业与养殖业经济收益比值为 0.83: 1, 耦合后最佳结果为 1.15: 1, 人均农民收入由耦合优化前 2 129 元增加到 3 014.77 元, 增加 46.1%(表 4)。

作物的面积比为 5.35: 1: 2, 耦合后得到最佳结果比为 2.66: 1: 5.04(表 2)。畜牧业结构中, 羊的数量由 14 178 只减少到 7 500 只, 育肥牛数量由 160 头增加到 320 只(表 3), 这既满足了当地草地的承载量, 又增加了农民收入, 林果业结构中, 果林面积由 868 hm<sup>2</sup> 增加到 950 hm<sup>2</sup>。2007 年种植业与养殖业经济收益比值为 1.93: 1, 耦合最佳结果为 1.56: 1, 人

均农民收入由耦合前 2 967. 6 元增加到 5 347. 75 元, 增加 80. 22% (表 4)。

## 5 结 论

(1) 目前吴起县的农业生产仍然以单一的生产方式为主, 农业生产布局不合理, 市场要素配置不完

善, 农业生产和经营仍处于无序紊乱的状态, 导致农村经济发展受到制约, 主要表现为农民收入水平提高的不明显。所以对农业资源进行重新配置由粗放低效向集约高效转变, 实现农业生态经济耦合发展模式, 发挥耦合效应是吴起县可持续发展的必由之路。

表 4 三类乡镇农业生产结构耦合最佳农业经济收入结构

农户		种植业/ %	养殖业/ %	种养效益比	人均纯收入/ 元
长城乡	现状	38. 50	61. 50	0. 63 : 1	2106. 60
	耦合最佳结果	85. 55	14. 56	5. 88 : 1	2711. 30
吴旗镇	现状	65. 90	34. 10	1. 93 : 1	2967. 60
	耦合最佳结果	60. 93	39. 06	1. 56 : 1	5347. 75
王洼乡	现状	45. 30	54. 70	0. 83 : 1	2129. 00
	耦合最佳结果	53. 46	46. 51	1. 15 : 1	3014. 77

(2) 农业生态经济耦合发展模式, 是要把生态环境的改善和农业产业化相协调, 同时要有一定的层次性和时序性, 通过农、林和牧之间品种的合理搭配, 可增强区域农业产业与生态资源(量)一致性, 进一步解决资源不足和资源浪费现象。

(3) 利用线性规划的方法, 得到农业生态经济耦合发展的最佳生产模式, 包括东北部丘原(涧)农林区、西北部丘陵沟壑林牧区、中南梁峁川地农果加工区, 发挥地域结构耦合效应, 实现在生态环境保护的基础上, 农民生活水平得到大幅度地提高, 有利于调动农民投入农业生产的积极性, 推动整个地区的农业生态、经济和社会的可持续发展。

### 参考文献:

[ 1 ] 林道辉, 沈学优, 刘亚儿. 环境与经济协调发展理论研究进展[ J ]. 环境污染与防治, 2002, 24( 2 ): 120-123.

[ 2 ] 任继周, 葛文华, 张子和. 草地畜牧业的出路在于建立草业系统[ J ]. 草业科学, 1989, 6( 5 ): 12-3.

[ 3 ] 任继周, 万长贵. 系统耦合与荒漠—绿洲草地农业系统: 以祁连山—临泽剖面为例[ J ]. 草业学报, 1994, 11( 3 ): 1-9.

[ 4 ] 任继周, 贺达汉, 王宁, 等. 荒漠—绿洲草地农业系统的耦合与模型[ J ]. 草业学报, 1995, 12( 2 ): 11-19.

[ 5 ] 任继周, 侯扶江. 改变传统粮食观, 试行粮食当量[ J ]. 草业学报, 1999, 16( 12 ): 55-75.

[ 6 ] 梁红梅, 刘卫东, 林育欣. 宁波市土地利用效益的耦合关系研究[ J ]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2007, 7( 6 ): 91-95.

[ 7 ] 刘彦随, 勒晓燕. 黄土丘陵沟壑区农村特色生态经济模式探讨[ J ]. 自然资源学报, 2006, 21( 5 ): 738-745.

[ 8 ] 张勃, 张凯, 张华. 干旱区农牧结构优化模式探讨: 以黑河流域中上游为例[ J ]. 干旱地区农业研究, 2003, 21( 2 ): 133-137.

[ 9 ] 周立华, 樊胜岳, 王涛. 黑河流域生态经济系统分析与耦合发展模式[ J ]. 干旱区资源与环境, 2005, 23( 5 ): 67-72.

[ 10 ] 赵雪雁, 周健, 王录仓. 黑河流域产业结构与生态环境耦合关系辨识[ J ]. 中国人口, 资源与环境, 2005, 15( 4 ): 69-73.

[ 11 ] 张明. 区域土地利用结构及其驱动因子的统计分析[ J ]. 自然资源学报, 1999, 14( 4 ): 381-384.

[ 12 ] 刘兴元, 王锁民, 郭正刚. 半干旱地区农业资源的复合经营模式及生态经济耦合效应研究[ J ]. 自然资源学报, 2004, 19( 5 ): 624-631.

[ 13 ] 林慧龙, 肖金玉, 侯扶江. 河西走廊山地—荒漠—绿洲复合生态系统耦合模式及耦合宏观经济价值分析[ J ]. 生态学报, 2004, 24( 5 ): 965-971.