

# 安塞县水土保持对农业资源—产业耦合系统的影响

梅花<sup>1</sup>, 王继军<sup>1,2</sup>, 高亮<sup>3</sup>, 魏艳红<sup>4</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 4. 西北农林科技大学 理学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 针对水土保持工程实施后农业资源—产业系统的变化情况, 运用耦合度模型, 对安塞县水土保持系统和农业资源—产业系统及其子系统耦合演变过程进行了分析。结果表明: 水土保持和农业资源—产业耦合系统演变过程可划分为 4 个阶段: I. 水土保持与农业资源—产业系统协调化发展阶段; II. 水土保持与农业资源—产业系统耗损发展阶段; III. 水土保持系统退化限制农业发展阶段; IV. 水土保持系统退化农业系统掠夺式发展阶段。安塞县先后经历了 I, II 阶段, 目前处于第 II 阶段。由于农业系统内部资源、产业协调耦合效率不高, 导致农业系统发展潜伏着较大危机, 为此, 需要在巩固水土保持成果的前提下, 通过农户行为优化和政府政策科学导向调整资源、产业结构, 避免资源的结构性剩余, 形成农业系统内部良性耦合。

**关键词:** 水土保持; 资源; 产业; 耦合度; 安塞县

中图分类号: F062.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)02-0243-07

## Impact of Soil and Water Conservation on Agricultural Resources-Industry Coupling System in Ansai County

MEI Hua<sup>1</sup>, WANG Ji-jun<sup>1,2</sup>, GAO Liang<sup>3</sup>, WEI Yan-hong<sup>4</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. College of Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Based on changes of agricultural resources-industry coupling system after taking soil and water conservation (SWC) measures, the coupling process of them in Ansai County was analyzed by utilizing the coupling degree model. The results showed that the coupling evolution process could be divided into 4 stages including harmonious development, worn development, damaged soil and water conservation achievements limit the development of agricultural system, and agricultural system development sustainable in the case of damaged soil and water conservation achievements. The coupling relations in Ansai County had experienced the first two stages. At present, the low coordination degree of resources and industry system indicated that agricultural system development lurked in a larger crisis. Therefore, it is necessary to consolidate the achievements of SWC and readjust resources and industrial structure through optimization of farmer behavior and scientific political guiding of government in order to avoid resource surpluses and finally form a positive coupling system.

**Key words:** soil and water conservation; resources; industry; coupling coordination degree; Ansai County

安塞县自 20 世纪 80 年代起就采取了多项水土保持措施, 在保持水土、改善区域资源环境条件, 改变传统的资源利用模式, 调整产业结构并实现其有序发展方面效果显著<sup>[1-3]</sup>。水土保持改变了安塞县农业资源—产业系统演变的原轨迹<sup>[4]</sup>, 而农业资源与产业的

发展也为稳固水土保持成果, 促进其进一步实施建立了基础。耦合协调发展是生态经济可持续发展的诉求, 从系统学角度来看, 某一系统或要素的耦合协调发展是以其他系统或要素的干扰作为其发展条件的<sup>[5-6]</sup>, 因此, 水土保持和农业资源—产业耦合系统可

收稿日期: 2012-09-20

修回日期: 2012-11-25

资助项目: “十二五”国家科技支撑计划项目“黄土丘陵沟壑区水土保持与高效农业关键技术集成与示范”(2011BAD31B05); 中国科学院水利部水土保持研究所科研发展基金“基于农户尺度的安塞县典型区域农业生态经济系统耦合关系研究”(SW09528)

作者简介: 梅花(1988—), 女, 江苏常州人, 硕士研究生, 主要研究方向: 土地资源管理与空间信息技术。E-mail: meihua3180690@163.com

通信作者: 王继军(1964—), 男, 陕西渭南人, 研究员, 主要研究方向: 生态经济。E-mail: jjwang@ms.iswc.ac.cn

看做两个复杂系统,二者相互耦合,形成了目前的运行态势:水土保持背景下,农业资源量增加,产业结构不断调整,促进了生态经济的发展,但目前研究区出现了过度退耕及林草资源利用不充分等现象。明确水土保持与农业产业、农业资源两个系统之间的互动关系及作用路径是实现农业生态经济系统良性循环的基础。系统耦合(协调)度模型能对两个系统的协调发展程度进行定量的描述和评价,是模拟系统互动过程、指导水土保持措施配置、优化水土资源利用的有效工具,长期以来受到国内外学者的广泛关注<sup>[7-10]</sup>。但是立足于系统论,将农业系统外的水土保持要素融入其中并视为一个系统,对其与商品型生态农业系统的耦合关系的研究还相对滞后。

基于以上背景,本文遴选出能够衡量两大系统发展状况的评价指标,通过构建耦合协调度模型,进行系统态势过程(1984—2010年)分析,阐明水土保持与农业资源—产业系统相互作用机制,为协调好资源与产业的关系,为当地政府制订行之有效的、符合实际情况的水土保持相关政策提供决策支持,同时为研究区域资源开发利用与整治保护的实践提供参考。

## 1 研究区域概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

安塞县(108°51'44"—109°26'18"E,36°30'45"—37°19'31"N)位于陕西省延安市北部,海拔 997~1 731 m,县域总面积 2 949.14 km<sup>2</sup>,其中耕地 47 170 hm<sup>2</sup>,山地占 95%以上,土层深厚,光照充足,昼夜温差较大,适宜农林牧综合发展。县域呈现南北伸展的狭长形地形结构,年平均降水量 505.3 mm,侵蚀地貌类型属黄土丘陵沟壑区第 II 副区<sup>[11]</sup>,早期受自然因素和不合理的人类经济活动影响,该区水土流失十分严重,同时,由于沟坡坡度大导致重力侵蚀异常活跃,侵蚀强度逐渐加强,全县水土流失面积达 2 852 km<sup>2</sup>,占总土地面积的 95%<sup>[12]</sup>。多年来,为了减少水土流失而采取的多项水土保持措施,效果显著,特别是实施“退耕还林(草)工程”以来林草覆盖率已由 1998 年的 14.1% 上升到 2010 年的 42%,水土流失治理程度达 46%;2010 年全县总人口 15.03 万,其中农业人口 13.9 万,农民人均纯收入 5 562 元,农业总产值为 77 578 万元。

### 1.2 研究方法 with 指标确定

1.2.1 研究方法 物理学意义上的耦合是指两个(或以上)系统或运动通过各种相互作用而彼此影响的现象。耦合作用决定了系统由无序走向有序的趋势,即关键在于系统内部序参量之间的协同作用,耦

合度是反映这种协同作用的度量<sup>[13]</sup>。一些学者通过计算两个子系统综合指数之离差的函数(即耦合协调度)来进行度量<sup>[14-15]</sup>,本文中系统各指标的值表示为时间的函数,应用数学几何处理方法在二维椭圆平面上,计算两个子系统综合指数演化速度的反正切函数(即耦合度)<sup>[16-17]</sup>,具体模型如下:

$$f(C) = \sum_{i=1}^m a_i x_i' \quad (1)$$

$$f(A) = \sum_{j=1}^n b_j y_j' \quad (2)$$

$$V_C = \frac{df(C)}{dt} \quad (3)$$

$$V_A = \frac{df(A)}{dt} \quad (4)$$

式中: $F(C), F(A)$ ——水土保持系统(C)和农业系统(A)综合指数函数; $x_i', y_i'$ ——评价指标标准化值; $a_i, b_j$ ——评价指标权重; $V_C, V_A$ ——两个系统的演化速度; $t$ ——时间因素( $t=1, 2, 3, \dots$ )。由于复合系统的演化满足组合 S 型发展机制<sup>[18]</sup>,因此,在二维平面中以  $V_C, V_A$  为变量建立坐标系,则  $V$  的变化轨迹即为坐标系中的椭圆(图 1),则夹角  $\theta$  即为耦合度,可以确定两系统的耦合态势及其演化过程,具体表示为:

$$\tan\theta = \frac{V_A}{V_C} \quad (5)$$

$$\theta = \arctan \frac{V_A}{V_C} \quad (6)$$

农业系统内部农业资源子系统(ar)与农业产业子系统(ai)的耦合度  $\alpha$  为:

$$\alpha = \arctan \frac{V_{ai}}{V_{ar}} \quad (7)$$

$$\tan\alpha = \frac{dai(t)/dt}{dar(t)/dt} \quad (8)$$

式中: $V_{ar}, V_{ai}$ ——农业资源、农业产业子系统的演化速度; $ar(t), ai(t)$ ——二系统的综合指数。

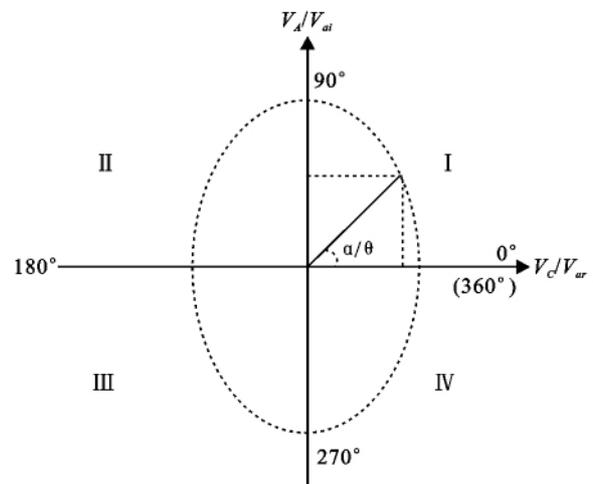


图 1 系统耦合关系演化周期

1.2.2 评价指标体系构建及权重计算 在借鉴有关生态经济系统研究成果的基础上<sup>[7,11]</sup>,结合安塞县水土保持、农业资源产业发展的具体情况与系统内涵要求,遵循综合性、主导因素原则、实用与规范性原则、系统性与层序性相结合原则、科学性、前瞻性与操作性兼顾原则,构建评价指标体系。文中采用的数据来源于《安塞县统计年鉴》、《安塞县土地利用现状变更

调查汇总》和 2010 年农户调查等资料。为了统一各指标的量纲并缩小指标之间的数量级差异,采用极差标准化方法对各指标的原始数据进行标准化处理。本文中决策者给出的主观权重偏好信息与熵值法计算得出的指标信息熵矩阵信息进行有机地集成,使确定的权重同时反映主观程度和客观程度,最终确定的各指标权重值见表 1。

表 1 安塞县水土保持与农业资源产业系统综合评价指标体系及权重

系统	子系统	一级指标	二级指标	权重	系统中权重
水土保持系统		水土保持成果 (1.0)	工程措施实现率( $X_1$ )	0.152	0.152
			林草措施实现率( $X_2$ )	0.121	0.121
			林草质量等级( $X_3$ )	0.353	0.353
			水土保持措施实施面积率( $X_4$ )	0.121	0.121
			人对水土保持感知度( $X_5$ )	0.253	0.253
农业资源系统(0.5)		资源环境(0.4)	林草覆盖率( $Y_1$ )	0.125	0.025
			降雨量( $Y_2$ )	0.071	0.014
			可灌溉面积率( $Y_3$ )	0.250	0.050
			人口密度( $Y_4$ )	0.111	0.022
			土壤侵蚀模数( $Y_5$ )	0.443	0.089
农业资源产业耦合系统		农业资源(0.6)	人均耕地面积( $Y_6$ )	0.142	0.043
			农林牧土地利用结构( $Y_7$ )	0.325	0.098
			园地比重( $Y_8$ )	0.318	0.095
			牧草地比重( $Y_9$ )	0.215	0.065
			农业产业链与资源量相关度( $Y_{10}$ )	0.238	0.060
农业产业系统(0.5)		农业产业(0.5)	农村工副业贡献率( $Y_{11}$ )	0.301	0.075
			农业劳动力/非农业劳动力( $Y_{12}$ )	0.154	0.039
			农产品商品加工贮藏率( $Y_{13}$ )	0.307	0.077
			农产品商品率( $Y_{14}$ )	0.165	0.041
			农业产投比( $Y_{15}$ )	0.075	0.019
农业产业系统(0.5)		产业效果(0.5)	人均纯收入( $Y_{16}$ )	0.476	0.119
			农林牧产值结构( $Y_{17}$ )	0.161	0.040
			粮食潜力实现率( $Y_{18}$ )	0.123	0.031

## 2 结果与分析

### 2.1 安塞县水土保持与农业资源—产业耦合系统演化态势

系统综合指数表征了系统的综合发展水平,利用公式(1)–(2),计算出水土保持(C)和农业资源产业复合系统(A)综合指数变化情况以及农业资源(ar)、农业产业(ai)子系统的综合指数变化情况(图 2—3)。

由图 2 可知,安塞县水土保持系统和农业资源—产业系统综合指数呈上升趋势,水土保持系统综合指数迅速升高;相对而言,农业资源产业系统综合指数上升较为缓慢。具体来说,水土保持系统综合指数在 1984—1990 年以年均 31.96% 的速度迅速增加,并在之后的 1 a 内迅猛增长至 0.391,而后在 1991—1998 年进入缓慢增长期并在 1997 年后有所回落;1999 年,受系统外部环境影响,水土保持系统进入一个新的发展时期,综合指数从 1999 年的 0.727 上升至

2010 年的 0.970,年均增长 2.43%。农业系统综合指数呈波动式增长,由 1984 年的 0.279 增长至 2010 年的 0.577,年均增长 2.73%。从演化轨迹的对比来看,以 1990 年为分界点,之前 7 a 中,水土保持系统总体滞后于农业系统。而水土保持的发展得益于中央政府持续高额的经济补偿和良好的政策导向,自 1990 年起,水土保持综合发展指数均高于农业系统。综上可知,水土保持对农业系统内部要素的发展起到了一定的推动作用,但效率并不高,农业系统总体发展相对于水土保持较为缓慢。

农业系统内部,农业资源、产业系统综合指数都明显上升,但近年来上升趋势减缓或有所下降(图 3)。农业资源系统综合指数在 1984—2001 年间波动上升,并在 2002 年增长至最高点(发展指数为 0.32)后进入 2002—2010 年的逐年缓慢下降时期。农业产业呈现阶梯式发展过程,第一阶段(1984—1994 年)为上升发展时期,综合发展指数由 0.125 上升至

0.238;第二阶段(1994—2004 年)农业产业发展指数波动变化;2004—2010 年农业产业发展指数由 0.214 迅速发展至 0.296,年均增加 4.74%。农业资源是农业产业发展的重要影响因素和载体,二者之间的耦合

协调发展意味着资源环境与社会经济的协调发展,是实现农业可持续发展的核心,而图 3 中两者拟合曲线的前推趋势预测显示在未来几年极有可能出现下降,因此,安塞县农业系统未来的发展潜伏着危机。

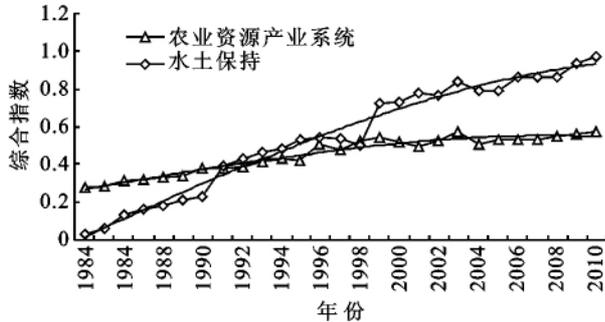


图 2 1984—2010 年安塞县水土保持  
农业产业系统综合指数变化情况

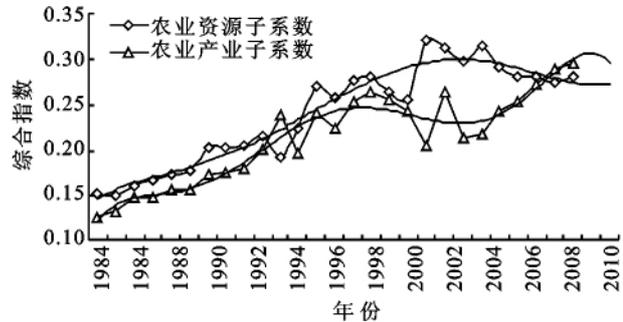


图 3 1984—2010 年安塞县农业资源与  
农业系统综合指数变化情况

### 2.2 水土保持与农业资源—产业系统耦合关系演化过程分析

利用式(3)—(8),对水土保持综合系统和农业复合系统及其子系统综合指数的计算结果进行非线性拟合,得到水土保持与农业资源产业系统耦合度(表 2)。表 2 说明,水土保持与农业资源产业系统耦合度( $\theta$ )从 1984 年的  $19^\circ$  下降到 2007 年的  $0^\circ$  后进入第四

象限,并在之后的 3 a 内从  $355^\circ$  下降到  $337^\circ$ ;农业资源与产业子系统耦合度( $\alpha$ )分布在  $0^\circ \sim 60^\circ, 270^\circ \sim 360^\circ$  和  $110^\circ \sim 150^\circ$  之间。基于水土保持与农业系统,农业资源产业复合系统内部的相互关系,结合系统发展演变规律和国家相关政策的约束作用,本研究在水土保持与农业系统、农业资源与产业子系统两个层次上对其耦合关系及表现形式进行划分,结果见表 3。

表 2 水土保持与农业资源产业系统耦合度

年份	$V_c$	$V_A$	$\theta$	$V_{ar}$	$V_{ai}$	$\alpha$
1984	0.048651	0.017613	19.90165	0.001487	0.002199	55.93086
1985	0.048295	0.017708	20.13613	0.003134	0.003948	51.55761
1986	0.047855	0.017725	20.32411	0.004607	0.005678	50.94432
1987	0.047331	0.017664	20.46565	0.005906	0.007274	50.92711
1988	0.046723	0.017525	20.56021	0.007031	0.008643	50.87197
1989	0.046031	0.017308	20.60664	0.007982	0.009708	50.57394
1990	0.045255	0.017013	20.60307	0.008759	0.010415	49.93491
1991	0.044395	0.016640	20.54685	0.009362	0.010724	48.87994
1992	0.043451	0.016189	20.43442	0.009791	0.010620	47.32570
1993	0.042423	0.015660	20.26109	0.010046	0.010103	45.16209
1994	0.041311	0.015053	20.02085	0.010127	0.009194	42.23549
1995	0.040115	0.014368	19.70601	0.010034	0.007933	38.33004
1996	0.038835	0.013605	19.30680	0.009767	0.006379	33.14795
1997	0.037471	0.012764	18.81073	0.009326	0.004610	26.30180
1998	0.036023	0.011845	18.20178	0.008711	0.002723	17.35889
1999	0.034491	0.010848	17.45924	0.007922	0.000836	6.021490
2000	0.032875	0.009773	16.55603	0.006959	-0.000920	352.4959
2001	0.031175	0.008620	15.45631	0.005822	-0.002380	337.7746
2002	0.029391	0.007389	14.11190	0.004511	-0.003380	323.1822
2003	0.027523	0.006080	12.45693	0.003026	-0.003720	309.1489
2004	0.025571	0.004693	10.39966	0.001367	-0.003190	293.2175
2005	0.023535	0.003228	7.809812	-0.000470	-0.001550	253.3104
2006	0.021415	0.001685	4.498944	-0.002470	0.001431	149.9359
2007	0.019211	0.000064	0.190876	-0.004650	0.006041	127.6118
2008	0.016923	-0.001640	354.4815	-0.007010	0.012563	119.1575
2009	0.014551	-0.003410	346.8034	-0.009540	0.021307	114.1157
2010	0.012095	-0.005270	336.4684	-0.012240	0.032600	110.5806

表 3 安塞县水土保持与农业资源产业系统耦合关系演化阶段及特征

系统耦合阶段	系统耦合度 $\theta$	系统耦合态势	农业资源产业子系统耦合度 $\alpha$	农业资源产业子系统发展时期	农业资源产业子系统耦合特征	安塞县系统耦合态势判定
I. 水土保持与农业资源—产业系统协调化发展阶段	$0^\circ \sim 90^\circ$	水土保持与农业资源—产业系统协调耦合, 相互变动过程都可自我恢复	$0^\circ \sim 90^\circ$	农业资源产业系统协调化发展期	农业资源产业系统协调化发展	1984—1999 年
			$270^\circ \sim 360^\circ$	农业资源产业系统发展失衡(资源快速发展)期	资源系统正向发展速度大于产业系统逆向发展速度	2000—2004 年
			$180^\circ \sim 270^\circ$	农业资源产业系统局部相悖期	农业资源、农业产业发展局部相悖	2005 年
			$90^\circ \sim 180^\circ$	农业资源产业系统发展失衡(产业快速发展)期	资源系统逆向发展速度大于产业系统正向发展速度	2006—2007 年
II. 水土保持与农业资源—产业系统耗损发展阶段	$270^\circ \sim 360^\circ$	水土保持与农业资源产业系统耦合失调, 水土保持系统快速发展, 农业系统萎缩	$90^\circ \sim 180^\circ$	农业资源产业系统倒退(资源利用滞后)期	资源系统逆向发展速度大于产业系统正向发展速度	2008—2010 年
			$180^\circ \sim 270^\circ$	农业资源产业系统衰退期	农业资源、农业产业均退化萎缩	—
			$270^\circ \sim 360^\circ$	农业资源产业系统倒退(产业发展滞后)期	资源系统正向发展速度大于产业系统逆向发展速度	—
III. 水土保持系统退化限制农业发展阶段	$180^\circ \sim 270^\circ$	水土保持成果受破坏情况下, 水土保持和农业系统都退化萎缩	—	—	—	—
IV. 水土保持系统退化农业系统掠夺式发展阶段	$90^\circ \sim 180^\circ$	水土保持成果受破坏情况下, 农业系统以资源掠夺式生产快速发展	—	—	—	—

(1) 当  $0 < \theta \leq 90^\circ$  时, 水土保持与农业资源产业系统处于协调化发展阶段。上世纪 80 年代初, 安塞县实施水土保持、农林牧副综合治理, 通过新修基本农田, 实行科学种田, 推进陡坡农地退耕造林种草, 促进了林牧业和多种经营发展; 1999 年起, 退耕还林工程的实施对农业资源进行了强制性的保护, 农业产业结构也进行了相应的调整, 水土保持与农业资源产业系统表现为共同增长的协调发展耦合关系。1984—2007 年, 水土保持与农业资源产业系统耦合度从  $19^\circ$  下降至  $0^\circ$ 。到 2007 年, 安塞县水土保持工作已取得一定成效, 农业系统作为一个庞大的复合系统与水土保持并行一致协调发展, 因此耦合度变化幅度不大, 处于相对稳定状态。但由于农业系统发展速度落后于水土保持系统发展速度, 农业发展滞后, 导致系统内部可能存在资源、产业利用结构不合理, 使得二者不甚协调, 耦合度在协调发展范围内较低。

在水土保持系统作用下, 农业系统内部资源、产业子系统相互影响、相互制约、相互促进, 其耦合度按顺时针方向变化, 可大致划分为 4 个时期:  $60^\circ > \alpha > 0^\circ$  农业资源、农业产业系统协调化发展期,  $360^\circ > \alpha > 270^\circ$  农业资源、农业产业系统发展失衡(资源快速发展)期,  $270^\circ > \alpha > 180^\circ$  农业资源产业系统局部相悖期,

$150^\circ > \alpha > 120^\circ$  农业资源、农业产业系统发展失衡(产业快速发展)期。

1984—1999 年, 安塞县农业系统处于协调化发展期。水土保持工作的不断推进使得生态资源量显著增加并部分进入农业系统循环, 农业产业结构调整建立在生态系统逐步改善的基础上, 二者相互协调, 形成相对完善的农业资源产业循环系统。至 90 年代初,  $\alpha$  越来越接近  $45^\circ$ , 资源、产业子系统耦合协调性达到最高; 步入 90 年代中后期, 农业产业发展速度较慢, 滞后于农业资源系统。这 16 a 间, 工程措施实施面积(梯田+坝地+造地)合计新增面积达  $24\ 020\ \text{hm}^2$ ; 同时, 牧草地比重从 17.35% 上升到 41.76%, 林草覆盖率增加了 35 个百分点, 园地面积增加了  $22\ 475\ \text{hm}^2$ 。相应地, 该时间段内林牧业产值比重由 33.7% 上升到 65%, 人均收入从 121 元增加到 1 605 元。

2000—2004 年, 安塞县农业系统处于发展失衡期, 表现为农业产业发展滞后。1999 年实施退耕还林还草工程后, 生态系统得以重建, 农业资源量在 2001 年之后显著增加, 而农业产业却在波动中趋于疲软态势, 并有轻度萎缩。由于退耕初期大量耕地资源改为资源管制下的林草资源, 农业产业受到了一定的影响, 粮食产量减少, 加之当时果树老化、人工牧草退化

等问题的出现,使得果业、畜牧业的发展均受到了不同程度的影响,在农业资源量和产业结构基本保持不变的情况下,农业产业萎缩。

2006—2007年,安塞县农业系统处于发展失衡期,表现为农业资源利用滞后。2005年,产业系统退化问题十分突出,但随着产业结构的调整,开始重视设施大棚蔬菜和西瓜的种植,舍饲养殖下的畜牧业也有所发展。此外,由于退耕还林工程的实施,从土地上解放的劳动力所形成的新的经济增长提高了人均纯收入,2007年农村工副业贡献率相较于退耕前(1998年)增加了11%,加之不断发展的科学技术也作为农业投入进一步促进了农业产业的发展。然而,耕地资源的不断减少、后期的过度退耕、劳动力流转和农民意识的改变导致了部分耕地撂荒以及非农用地不断增加等,使得农业资源系统在前期的迅速发展后出现轻度萎缩,这与安塞县实地调查的情况是相符合的。

(2) 当  $270^\circ < \theta \leq 360^\circ$  时,为水土保持与农业资源—产业系统耗损发展阶段,水土保持成果不断巩固,农业资源产业系统萎缩。根据农业系统耦合度大小,具体可划分为3个时期: $180^\circ > \alpha > 90^\circ$  农业资源产业系统倒退(资源利用滞后)期, $270^\circ > \alpha > 180^\circ$  农业资源产业系统衰退期, $360^\circ > \alpha > 270^\circ$  农业资源产业系统倒退(产业发展滞后)期。

2008—2010年,安塞县农业系统处于衰退期,表现为农业资源利用滞后,耦合度  $\theta$  从  $354^\circ$  下降到  $336^\circ$ ,  $\alpha$  从  $120^\circ$  下降到  $110^\circ$ 。该时期人们对水土保持的感知度都在不断提高,水土保持成果不断巩固,并使农业资源结构有了较大改善,但资源系统各项指标在研究时段末期确有所下降也说明了产业发展所依赖的农业资源总量有所下降。总之,农业复合系统该时期的发展一方面主要依赖于农业系统内部资源、产业子系统间的封闭循环,农业资源子系统不断萎缩,林草资源与畜牧业产业链缺失导致的系统资源利用率降低、产业与资源一致性下降等负效应远大于农业产业发展所带来的正效应,农业系统正在逆向发展;另一方面,水土保持政策对农户(生产者)可能存在着激励不相容,降低了农户资源利用和农业产业经营行为的积极性;同时,水土保持措施中对耕地的管制和高额的退耕补贴使得农户降低了对农业资源的依赖,减少了农业资源利用率以及农业生产中资金和技术的投入。因此,农业资源利用的不充分以及农业产业与农业资源的局部相悖态势造成了农业系统整体萎缩。根据图3的拟合结果, $180^\circ \leq \alpha < 270^\circ$  农业资源产业系统衰退期在未来有可能出现,需要农户行为优化和政府政策的科学导向,降低该时期出现的可能性。

(3) 当  $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$  时,为水土保持系统退化限制农业发展阶段; $180^\circ < \theta \leq 270^\circ$  时,为水土保持系统退化农业系统掠夺式发展阶段。如果政府政策调整,极有可能出现复垦、大面积放牧等状况,水土保持成果受破坏,短期内以资源过度消耗为代价的产业可能有所发展,从而带动农业快速发展,但长期如此,必然进入水土保持成果受破坏限制农业发展阶段(Ⅲ),最终造成农业系统崩溃。这两个阶段在研究期内并未出现,目前政策调控下未来出现的可能性也较小,只是理论上可能出现的阶段,因此本文中不做详述。

### 3 结论与讨论

水土保持和农业资源—产业耦合系统演变过程可以划分为4个阶段:Ⅰ.水土保持与农业资源—产业系统协调化发展阶段;Ⅱ.水土保持与农业资源—产业系统耗损发展阶段;Ⅲ.水土保持系统退化限制农业发展阶段;Ⅳ.水土保持系统退化农业系统掠夺式发展阶段。Ⅲ、Ⅳ阶段在研究时段内并未出现,但在理论上是成立的。

从安塞县系统耦合度来看,1984—2007年,水土保持与农业资源产业系统耦合度为  $0^\circ < \theta < 20^\circ$ ,处于协调化发展阶段,而农业系统内部资源产业耦合度按顺时针方向发展,分别经历了1984—1999年农业资源、农业产业系统协调化发展期( $0^\circ < \alpha < 60^\circ$ ),2000—2004年农业资源、农业产业系统发展失衡(产业发展滞后)期( $270^\circ < \alpha < 360^\circ$ ),2005年农业资源产业系统局部相悖期( $\alpha \approx 253^\circ$ );2006—2007年农业资源、农业产业系统发展失衡(资源利用滞后)期( $120^\circ < \alpha < 150^\circ$ );2008—2010年,系统耦合度为  $336^\circ < \theta < 354^\circ$ ,  $110^\circ < \alpha < 120^\circ$ ,水土保持成果不断巩固,农业系统萎缩,资源子系统逆向发展速度大于产业子系统正向发展速度。另外,根据图3拟合结果和现实状况来看,在未来极有可能出现农业资源产业系统衰退期,需要农户行为优化和政府政策科学导向,降低该时期出现的可能性。

综上,水土保持的实施改变了农业系统发展的原有轨迹,使二者向着协调耦合的方向发展。然而,系统外部输入及政策导向推动着水土保持系统不断发展,而农业系统并没有与之形成良好互动,农业系统内部资源、产业协调耦合效率不高,农业系统发展潜伏着较大危机,总体上滞后于水土保持系统,二者协调程度越来越低。为此,应依据区域发展的生态需求和市场经济需求,优化系统的资源与产业结构,强化“林草—牧业(养殖业)”循环链建设,有效开发和利用林草资源及可利用的土地资源,避免资源的结构性剩余。

## 参考文献:

- [1] 李奇睿,王继军. 退耕背景下安塞县商品型生态农业系统耦合关系[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 293-298.
- [2] 王继军. “退耕还林还草”的生态经济学基础[J]. 农业经济问题, 2003(8): 21-25.
- [3] 汪阳洁. 2010 黄土丘陵区退耕还林对农地资源产业系统耦合的影响研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [4] 王继军,郭满才,王云峰,等. 纸坊沟流域生态经济系统演变规律研究: 兼论退耕还林草下生态经济系统演变规律[J]. 中国农学通报, 2005, 21(10): 324-329.
- [5] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系: 以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理, 1999, 19(2): 171-177.
- [6] 杨士弘,廖重斌. 关于环境与经济协调发展研究方法的探讨[J]. 广东环境监测, 1992(4): 2-6.
- [7] 王继军,姜志德,连坡,等. 70 年来陕西省纸坊沟流域农业生态经济系统耦合态势[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 5130-5137.
- [8] 彭晚霞,宋同清,曾毅平,等. 喀斯特峰丛洼地退耕还林还草工程的植被土壤耦合协调度模型[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 305-310.
- [9] 乔标,方创琳,黄金川. 干旱区城市化与生态环境交互耦合的规律性及其验证[J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2183-2190.
- [10] 乔标,方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3003-3009.
- [11] 景可,焦菊英. 水土保持措施与效益评价研究: 以陕北安塞县为例[J]. 水土保持研究, 2011, 18(1): 132-136.
- [12] 毕华兴,刘立斌,刘斌. 黄土高原沟壑区水土流失综合治理范式[J]. 中国水土保持科学, 2010, 8(4): 27-33.
- [13] 方创琳,杨玉梅. 城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律[J]. 干旱区地理, 2006, 29(1): 1-8.
- [14] 张振杰,杨山,孙敏. 城乡耦合地域系统相互作用模型建构及应用: 以南京为例[J]. 人文地理, 2007, 96(4): 90-94.
- [15] 吴文恒,牛叔文,郭晓东,等. 中国人口与资源环境耦合的演进分析[J]. 自然资源学报, 2006, 21(6): 853-861.
- [16] 许媛,南灵. 土地利用效益的耦合关系的研究: 以西安为例[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2010, 89(5): 84-88.
- [17] 吕晓,刘新平. 农用地生态经济系统耦合发展评价研究: 以新疆塔里木河流域为例[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1538-1543.
- [18] Bertalanffy L V. General System Theory—Foundation, Development, Applications[M]. New York: George Beazitler, 1987.

(上接第 242 页)

## 参考文献:

- [1] 李付宽,任学慧,李澜涛,等. 城市化进程中辽宁省城市土地集约利用评价[J]. 资源与产业, 2009, 11(1): 46-50.
- [2] 董黎明,袁丽平. 集约利用: 21 世纪中国城市土地利用的重要方向[J]. 中国土地科学, 2000, 14(5): 6-8.
- [3] 曹银贵,袁春,郑新奇,等. 基于文献的城市土地集约利用现状研究[J]. 生态经济: 学术版, 2008(9): 45-49.
- [4] 何芳. 城市土地集约利用及其潜力评价[M]. 上海: 同济大学出版社, 2003.
- [5] 郑新奇. 城市土地优化配置与集约利用评价: 理论、方法、技术、实证[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6] 林坚,陈祁晖,晋瑶璟. 土地应该怎么用: 城市土地集约利用的内涵与指标评价[J]. 中国土地, 2004(11): 4-7.
- [7] 郭爱请,葛京凤. 河北省城市土地集约利用潜力评价方法探讨[J]. 资源科学, 2006, 28(4): 65-70.
- [8] 陈明星,陆大道,张华. 中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析[J]. 地理学报, 2009, 64(4): 387-398.
- [9] 韦亚平. 新疆区域经济与城市化协调发展探讨[J]. 经济地理, 2007, 27(4): 553-557.
- [10] 乔陆印,周伟,曹银贵,等. 城市土地集约利用评价指标体系研究[J]. 生态经济, 2010(6): 31-34.
- [11] 顾湘,姜海,曲福田. 区域建设用地集约利用综合评价: 以江苏省为例[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 112-119.
- [12] 陈菁. 基于图谱分析的福建省生态环境与城市化耦合关系研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 163-168.
- [13] 石培基,邢广路. 基于熵值法的建设用地集约利用评价[J]. 干旱区研究, 2009, 26(4): 502-507.
- [14] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系: 以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理, 1999, 19(2): 171-177.
- [15] 莫晓宇,谢菲,舒晓波,等. 江西省城市化与经济发展关系分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 106-109.
- [16] 黄木易,程志光. 区域城市化与社会经济耦合协调发展度的时空特征分析: 以安徽省为例[J]. 经济地理, 2012, 2(2): 77-81.
- [17] 沈彦. 基于系统协调度的长株潭城市群城市土地集约利用评价研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 202-206.
- [18] 刘浩,张毅,郑文升. 城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价: 以环渤海地区城市为例[J]. 地理研究, 2011, 10(10): 1805-1815.
- [19] 范辉,周晋. 河南省城市土地集约利用水平的时空演变[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 198-206.
- [20] 黄木易,程志光. 区域城市化与社会经济耦合协调发展度的时空特征分析: 以安徽省为例[J]. 经济地理, 2012, 2(2): 77-81.