

# 基于 VAR 模型的水土保持技术与农业产业、资源的互馈效应

赵晓翠<sup>1</sup>, 连坡<sup>1</sup>, 王继军<sup>1,2</sup>, 胡小宁<sup>1</sup>, 李玥<sup>1</sup>, 韩晓佳<sup>2</sup>

(1.西北农林科技大学, 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)

**摘 要:**选取县南沟流域 2000—2016 年的时间序列数据,通过构建水土保持技术、农业产业、农业资源三者间的向量自回归模型,运用格兰杰因果关系检验、脉冲响应函数和方差分解对三者间的关系进行了实证分析。结果表明:水土保持技术与农业产业、资源三者之间相互构成双向因果关系。三者之间的关系在初期波动幅度比较明显,并产生负向效应,但随着滞后期数的增加,负向效应逐渐减弱呈现出向 0 收敛的迹象;原因主要是水土保持技术实施初期对农业产业、资源产生了阻挠作用,随着水土保持技术的应用和实施、技术效益的显化、农民思想意识的提高,这种负向作用逐渐减弱。其中水土保持技术的最大影响因素是技术本身;农业产业的最大的影响因素是水土保持技术的应用;农业资源前期最大影响因素是水土保持技术的应用,后期最大影响因素是农业产业的发展;说明了农业产业的发展、资源的利用都离不开水土保持技术的应用。因此,未来水土保持技术更新、优化在优先考虑技术相宜性的基础上,还需要考虑经济发展、社会需求以及生态环境条件等。

**关键词:**水土保持技术; 农业产业; 农业资源; 向量自回归模型; 县南沟流域

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)01-0188-07

## Mutual Effect Among Soil and Water Conservation Technology, Agricultural Industry and Resources Based on VAR Model

ZHAO Xiaocui<sup>1</sup>, LIAN Po<sup>1</sup>, WANG Jijun<sup>1,2</sup>, HU Xiaoning<sup>1</sup>, LI Yue<sup>1</sup>, HAN Xiaojia<sup>2</sup>

(1.Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2.Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:**Based on the time series data from 2000 to 2016 in Xiannangou watershed, we constructed a VAR model among soil and water conservation technology, agricultural industry and resources. Granger causality test, impulse response function and variance decomposition were used to analyze the relationship between them. The results showed that: soil and water conservation technology, agricultural industry and resources constituted a two-way causal relationship; the relationship between the three was more obvious at the initial stage and produced negative effect; however, with the increase of lag period, the negative effect gradually weakened and showed signs of convergence towards 0; the main reason was that soil and water conservation technology obstructed agricultural industry and resources in the early stage of implementation; with the application of the technology, the manifestation of technical benefits, and the improvement of farmers' awareness, this negative effect was gradually weakened; the biggest influence factor of soil and water conservation technology was technology itself; the biggest influence factor of agricultural industry was the application of soil and water conservation technology; the application of soil and water conservation technology was the biggest influencing factor in the early stage of agricultural resources, and the development of agricultural industry was the biggest influencing factor in the later stage, indicating that the development of agricultural industry and the utilization of resources were inseparable from the use of soil and water conservation technology.

收稿日期:2020-04-30

修回日期:2020-05-14

资助项目:国家重点研发计划课题(2016YFC0503702);国家重点研发计划课题(2016YFC0501707);国家自然科学基金(41571515)

第一作者:赵晓翠(1993—),女,山西吕梁人,硕士研究生,研究方向为流域管理。E-mail:zhaoxiaocui1993@163.com

通信作者:连坡(1962—),男,陕西宝鸡人,副教授,主要从事应用数学研究。E-mail:lianpo3608@163.com

王继军(1964—),男,陕西渭南人,研究员,主要从事生态经济研究。E-mail:jjwang@ms.iswc.ac.cn

Therefore, in the future, technological suitability should be given priority in the renewal and optimization of soil and water conservation technology, followed by economic development, social demands and ecological environment conditions.

**Keywords:** soil and water conservation technology; agricultural industry; agricultural resources; vector autoregressive model; Xiannangou watershed

2018 年,全国共有水土流失面积 273.69 万  $\text{km}^2$ 。其中水力侵蚀面积 115.09 万  $\text{km}^2$ ,风力侵蚀面积 158.60 万  $\text{km}^2$ 。与第一次全国水利普查(2011 年)相比,全国水土流失面积减少了 21.23 万  $\text{km}^2$ ,减幅 7.20%<sup>[1]</sup>。在水土流失治理过程中,水土保持技术发挥了巨大作用。水土保持技术指在水土流失地区,运用水土保持学、生态经济学等相关理论,以水土保持为目的,优化资源、协调资源与农业协同发展而采取的工程技术、耕作技术、生物技术的总称<sup>[2]</sup>。

目前水土保持技术的研究倾向于技术的保存率<sup>[3-5]</sup>、效益评价<sup>[6-8]</sup>、优化配置等<sup>[9-13]</sup>。农业产业与资源的研究主要集中在产业与资源之间关系的分析<sup>[14-16]</sup>。关于水土保持技术与其直接作用对象(农业产业、资源)的研究相对匮乏,从相关及相近研究来看,汪阳洁<sup>[17]</sup>运用灰色关联度分析了黄土丘陵区退耕还林工程对农业生态系统的影响,表明了退耕还林工程在资源与产业耦合中没有发挥正面促进作用;夏自兰等<sup>[18]</sup>以纸坊沟流域为例,利用耦合协调度模型和 DEA 方法,分析了水土保持下农业产业—资源系统耦合效应,表明了一系列水土保持政策和措施明显改善了资源环境、促进了产业发展;姚文秀等<sup>[19]</sup>以吴起县为例,运用年鉴数据和调研数据,探讨了退耕还林工程背景下的农业产业—资源耦合响应,表明了退耕还林工程的实施虽然增加了农业资源量,但农业产业并没有得到相应的发展;梅花等<sup>[20]</sup>利用耦合协调度分析了安塞县水土保持工程与农业产业—资源系统的互动过程,将其划分为 4 个阶段:协调化发展阶段、耗损发展阶段、限制农业发展阶段、掠夺式发展阶段。这些研究多从静态角度分析了水土保持技术对农业产业、农业资源的作用,恰恰忽略了该影响作用在不同时段可能发生的动态变化。因此,有必要理清水土保持技术、农业产业、农业资源三者之间的动态关系,以便理解其内在的关联机制与影响变化。

鉴于比较分析、结构分析等传统静态分析方法对于揭示水土保持技术与农业产业、资源之间的动态关系有相当的局限性,本研究拟采用向量自回归模型(VAR)分析流域层面的互馈效应。向量自回归模型是一种常用的计量经济模型,由 Sims 在 1980 年提

出,它扩充了只能使用一个变量的自回归模型,因此经常用在多变量时间序列模型的分析上。与传统经济计量模型相比,VAR 模型不以严格的经济理论为依据,对参数不施加零约束,模型中的解释变量不包括任何当期变量,避免了因经济理论不完善、造成对内生变量和外生变量划分的主观随意性等复杂问题。因此,对于研究多变量之间的动态关系,VAR 模型具有独特的适用性。县南沟流域是黄土高原丘陵沟壑区的典型代表流域,也是退耕还林工程的试点流域。研究该流域水土保持技术与农业产业、资源之间的动态关系具有重要的现实意义。

基于以上背景,本文选用县南沟流域 2000—2016 年的农业宏观数据,运用向量自回归(VAR)模型,分析水土保持技术、农业产业、农业资源三者之间的动态关系,旨在为流域内水土保持技术的更新、农业产业的发展、农业资源的利用提供参考依据。

## 1 研究区概况

县南沟流域位于陕西省安塞县沿河湾镇,东经  $109^{\circ}12'12''$ — $109^{\circ}22'12''$ ,北纬  $36^{\circ}41'24''$ — $36^{\circ}46'12''$ 。流域内梁崩起伏、地形破碎,流域面积 50.64  $\text{km}^2$ ;该流域年降水量为 500~550 mm,降雨分配不均,主要集中在 7—9 月,年平均气温 8.8℃,在气候上处于半干旱向半湿润过渡区。流域内土壤以黄绵土为主,其次为黑垆土,而淤积土和红胶土面积则相对较少。县南沟流域包括 3 个行政村中的 17 个村民小组,寨子湾(皮塔村、寨子湾、桑塔村、孙岔村、何塌村),方家河(张坪村、崖尧村、窑湾村、灰条咀、社科村、方家河村、黄柏梁村、永丰尧村、畔坡山村),沿河湾镇后街(砖窑沟村、朱凤台村、新庄洼村)。该流域 2017 年有 753 户,共 2 529 人,人均年收入 8 356 元。流域内主要产业为种植业、林果业、棚栽业、畜牧业。

## 2 研究方法 with 指标选取

### 2.1 向量自回归模型

向量自回归模型(VAR)是非结构化的多方程模型,通常用于多变量时间序列系统的预测和描述随机扰动对变量系统的动态影响<sup>[21]</sup>。本文以三变量为例,其模型形式如下:

$$\begin{bmatrix} \text{STBCJS}_t \\ \text{NYCY}_t \\ \text{NYZY}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11}^1 a_{12}^1 a_{13}^1 \\ a_{21}^1 a_{22}^1 a_{23}^1 \\ a_{31}^1 a_{32}^1 a_{33}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{STBCJS}_{t-1} \\ \text{NYCY}_{t-1} \\ \text{NYZY}_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} a_{11}^P a_{12}^P a_{13}^P \\ a_{21}^P a_{22}^P a_{23}^P \\ a_{31}^P a_{32}^P a_{33}^P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{STBCJS}_{t-P} \\ \text{NYCY}_{t-P} \\ \text{NYZY}_{t-P} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{t1} \\ e_{t2} \\ e_{t3} \end{bmatrix}$$

式中： $Y_t=(\text{STBCJS}_t,\text{NYCY}_t,\text{NYZY}_t)$  是  $3\times 1$  的时

间序列向量( $\text{STBCJS},\text{NYCY},\text{NYZY}$  分别为水土保持技术、农业产业、农业资源); $c$  是  $3\times 1$  常数向量; $A$  是  $3\times 3$  的待估计参数矩阵; $P$  是模型滞后阶数; $e_t$  是  $3\times 1$  随机扰动向量,且满足  $\text{cov}(e_t,e_s)=0(t\neq s)$ 。通过对该模型的估计,一方面可以检验 3 个变量是否受到彼此的历史变动的影响,另一方面还可给出在一定滞后期中各变量间动态的影响程度。

### 2.2 指标选取与数据来源

2.2.1 指标选取 基于已有指标的选取依据<sup>[22-23]</sup>,本文指标变量选取见表 1。

表 1 VAR 模型指标变量解释

潜变量	可测变量	自定义方法
水土保持技术	技术成熟度 (各项得分加总值;0~10)	技术完整性(1 表示技术要素组成不完整,不能有效发挥作用;2 表示技术要素组成较为完整,能有效发挥作用;3 表示技术要素组成较为完整,能够发挥作用;4 表示技术要素组成完整,配置较为合理,能够长期稳定发挥作用;5 表示技术要素组成完整,配置合理,能够有效发挥作用;)+技术稳定性(1 表示技术不能长期发挥作用;2 表示技术能稳定发挥作用;3 表示技术长期稳定发挥作用一般;4 表示技术比较稳定的长期发挥作用;5 表示技术稳定的长期发挥作用)
	技术应用难度 (各项得分加总值;0~10)	技能水平需求层次(1 表示大学;2 表示高中;3 表示初中;4 表示小学;5 表示文盲;)+技术应用成本(1 表示完全不能接受;2 表示可以考虑;3 表示不完全接受;4 表示能接受;5 表示完全乐意)
	技术相宜性 (各项得分加总值;0~20)	目标相宜性(1 表示几乎未达到目标;2 表示少数目标达到;3 表示部分目标达到;4 表示基本目标达到;5 表示完全达到目标;)+立地相宜性(1 表示完全不适合;2 表示较不适合;3 表示一般;4 表示较适合;5 表示非常适合;)+经济发展适宜性(1 表示完全不适合;2 表示较不适合;3 表示一般;4 表示较适合;5 表示非常适合;)+政策法律适宜性(1 表示几乎不配套;2 表示少数配套;3 表示部分配套;4 表示基本配套;5 表示完全配套)
	果园用地比重	果园地面积/总农地面积
农业资源	人均基本农田	农田面积/流域人口数
	林草面积率	林草地面积/总农地面积
农业产业	农业劳力比重	农业劳动力/总劳动力
	农产品商品率	商品化的农产品/总农产品
	人均纯收入	流域纯收入/流域人口数
	产业资源相关度	具体赋值方法参考王继军 <sup>[24]</sup>

2.2.2 数据来源 本文选择的时间跨度为 2000—2016 年,农业资源、农业产业相关指标数据来源于课题组在县南沟流域的长期监测数据集和 2018 年 8 月的农户调查。水土保持技术相关指标数据通过对该流域重要人物面对面访谈进行获取。调查内容包括:水土保持技术发展变化过程、水土保持技术使用情况、水土保持技术的适宜程度、退耕还林情况等。

表 2 各变量 ADF 单位根检验结果

变量	ADF 值	$p$ 值	临界值			检验形式 ( $c,t,p$ )	结论
			1%	5%	10%		
STBCJS	-5.862513	0.0003	-3.920350	-3.065585	-2.673459	( $c,0,0$ )	平稳
NYCY	-5.232455	0.0021	-3.828975	-3.362984	-2.886426	( $c,0,1$ )	平稳
NYZY	-4.769475	0.0023	-3.959148	-3.081002	-2.681330	( $c,0,1$ )	平稳

注:( $c,t,p$ )表示序列 ADF 检验形式, $c$  代表常数项, $t$  代表时间趋势, $p$  代表滞后阶数。

从表 2 可以看出,STBCJS,NYCY,NYZY3 个变量通过了 ADF 单位根检验,均为平稳序列,因此可以构建 VAR 模型。

## 3 模型与实证分析

### 3.1 ADF 平稳性检验

由于大多数时间序列是非平稳的,直接对这些时间序列进行回归容易产生伪回归现象,为了解决这一问题,模型建立之前,首先需要对各时间序列进行 ADF 单位根检验,检验结果见表 2。

### 3.2 滞后阶数选择

对于模型来说,滞后阶数的选择也同等重要,选择标准根据赤池信息量准则(AIC)最小准则和施瓦

茨准则(SC)最小准则来进行选择,结果见表 3,VAR 模型的最佳滞后为 3 阶。

表 3 VAR 模型滞后阶数选择

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	105.3726	NA	8.94E-11	-14.62466	-14.48772	-14.63733
1	162.3290	81.36626*	9.94E-14	-21.47557	-20.92780	-21.52627
2	178.5844	16.25544	4.51E-14	-22.51206	-21.55347	-22.60079
3	206.7923	16.11879	6.42E-15*	-25.25604*	-23.88663*	-25.38281*

注:其中带“\*”的项表示相应的统计指标在此滞后期取到的最小值。

3.3 模型平稳性检验

模型的稳定性通过 AR 根进行检验,即 VAR 模型所有特征根的倒数都在单位圆内。由于 3 个序列均是 3 阶,因此共有 9 个根。从图 1 中可以看出,所有特征根的倒数均在圆内,表明模型是稳定的。

3.4 格兰杰因果检验

格兰杰(Granger)因果检验是考察序列变量之间因果关系的一种方法,表 4 为各变量的格兰杰因果关系检验结果。 $p$  值越小,表明各变量在 Granger 意义上的解释能力越强<sup>[25]</sup>。

从表 4 可以看出, $p$  值均小于 0.05,拒绝原假设。说明水土保持技术、农业产业、农业资源三者之间存在双向格兰杰因果关系。

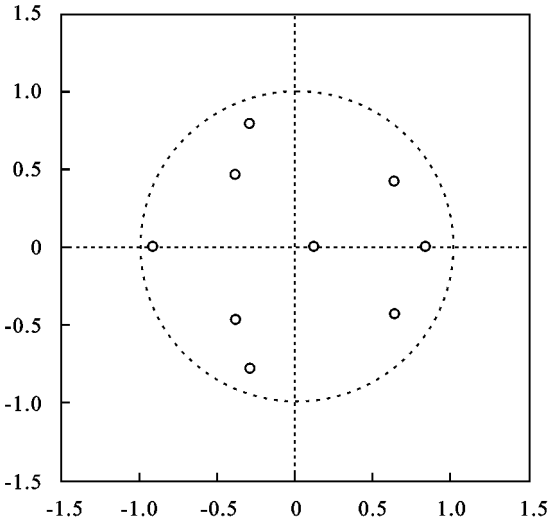


图 1 VAR 平稳性检验结果

表 4 格兰杰因果检验结果

原假设	Chi-sq	df	Prob.	结论
NYCY 不是 STBCJS 的 Granger 原因	8.232503	3	0.0414	拒绝
NYZY 不是 STBCJS 的 Granger 原因	2.536436	3	0.0487	拒绝
STBCJS 不是 NYCY 的 Granger 原因	11.68997	3	0.0085	拒绝
NYZY 不是 NYCY 的 Granger 原因	9.684189	3	0.0215	拒绝
STBCJS 不是 NYZY 的 Granger 原因	92.03217	3	0.0000	拒绝
NYCY 不是 NYZY 的 Granger 原因	20.46503	3	0.0001	拒绝

3.5 变量的脉冲响应分析

VAR 模型主要是分析系统的动态特征,即通过脉冲响应函数来刻画每个内生变量的变动或冲击对

自身及所有其他内生变量产生的影响。图形含义为当自变量变化时,因变量受到的影响以及在不同时期的变化(图 2)。

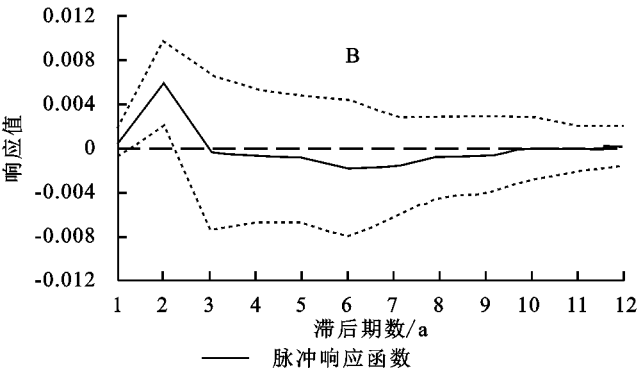
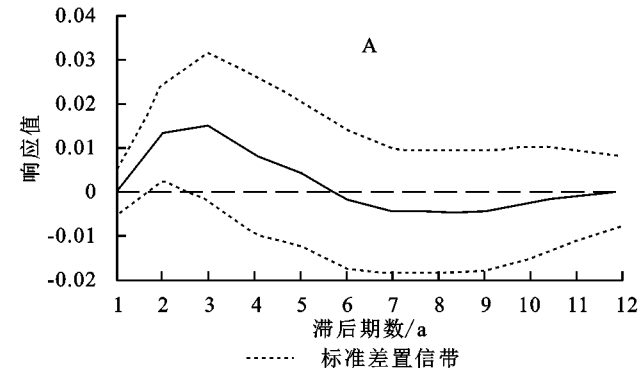


图 2 水土保持技术对农业产业冲击响应函数(A)、水土保持技术对农业资源冲击响应函数(B)

从图 2A 可以看出当水土保持技术受到一个正向冲击时,农业产业即刻没有产生脉冲响应,在第 3 期达到最大值,第 6 期出现明显的负向影响,直到第 12 期慢慢上升趋于稳定态势。说明梯田技术、垄沟

技术的实施,改变了传统的生产方式,变广种薄收为少种高产多收,但受禁牧政策的影响,林草技术的应用降低了农业产业的发展空间。因此,随着滞后期数的增加,水土保持技术对农业产业的响应值趋近于 0。从图



2B可以看出当水土保持技术受到一个正向冲击后,在第1期对农业资源就有正向影响,第2期达到最大值,随后开始递减最终趋于稳定。前3期影响较大,第4期开始响应值较小,逐渐趋近于0。说明了水土保持技术实施

初期,林草技术的应用促使农业资源量迅速增加,直到退耕还林工程结束,农林牧土地面积趋于稳定,农业资源量处于稳定态势。因此,水土保持技术对农业资源的冲击时期较短且后期影响趋近于0。

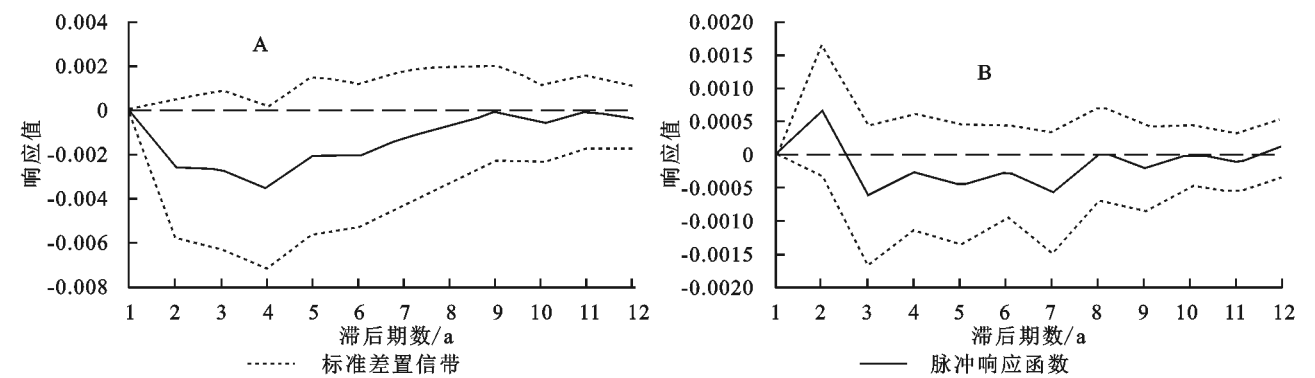


图3 农业产业对水土保持技术冲击响应函数(A)、农业资源对水土保持技术冲击响应函数(B)

从图3A可以看出给农业产业一个正向冲击,第1期水土保持技术的响应值为0,在第4期达到最大的负向影响,随后逐渐减弱,负向作用趋于0。说明农业产业的发展对水土保持技术的采用产生了阻挠作用,但这种阻挠作用在减弱。原因在于农业产业的发展影响农民的经济收入,农民生活水平的提高与思想观念的提高影响水土保持技术的实施。20世纪80—90年代,相关科研单位在县南沟流域开始实施水土保持技术,1999年,退耕还林工程的实施,尤其是林草技术,大面积耕地的减少让以种植为生的农民无法接受,因此,初期水土保持技术的实施受到了阻

碍,产生了负向影响。随着思想认识的提高和产业的发展,负向作用减弱趋向0。图3B可以看出给农业资源一个正向冲击,水土保持技术在第2期达到最大响应值,随着滞后期数的增加,振荡幅度慢慢减小,由第3期的-0.000630增加为第12期的0.000124。说明农业资源在短期内对水土保持技术有正向效应,并且随着时间序列的增加,负向效应逐渐趋于0,最终达到稳定态势。水土保持技术实施初期,资源改良空间较大,主要集中在林草资源方面,随着技术的应用与发展,资源未被有效利用,人们对资源的拥有量达到了需求极限,故持续在0附近波动。

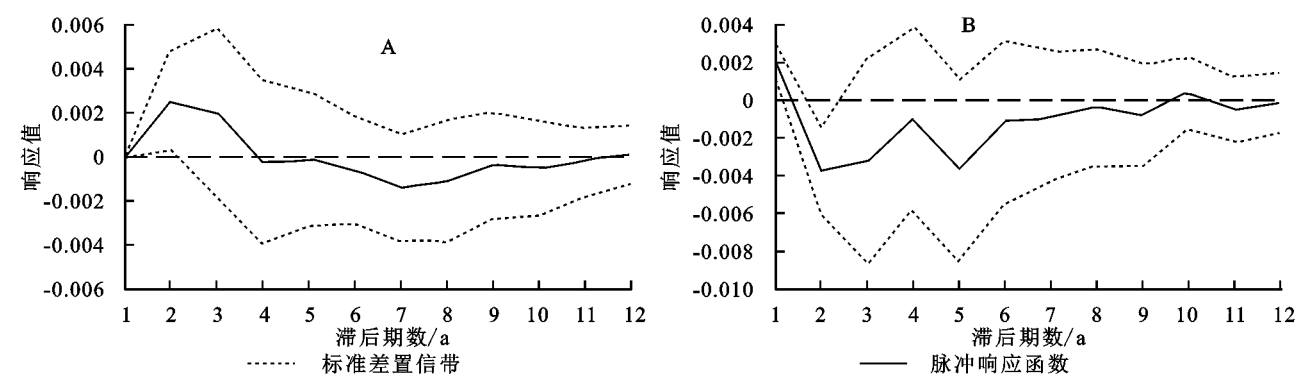


图4 农业资源对农业产业冲击响应函数(A)、农业产业对农业资源冲击响应函数(B)

图4A给农业资源一个正向冲击,前3期对农业产业产生正向影响,第4期出现负向影响,最终响应值趋近于0。退耕还林初期,林草技术的应用大幅度提高了农业资源量,为了维持退耕还林成果,政府实行了禁牧政策,再加之比较利益等,畜牧产业收缩,导致大量林草资源闲置,农业产业的发展并未很好的建立在农业资源的有效利用之上。图4B可以看出给农业产业一个正向冲击后,在第1期,农业资源就产生了最大正影响,第2期达到最大负影响,随后慢慢回升,第12期的响应数值为-0.000160,接近于0,

慢慢趋于稳定态势。退耕还林工程实施期间,为了提高农村经济和农民生活水平,政府推广发展果树产业和高校设施农业等,但随着社会的发展,家庭收入来源的多元化致使人们花费很少的精力在农业方面,大多数的农民依赖于农业系统之外的能量,因此,农业产业的发展变化对农业资源的影响很小。

从脉冲响应图的总体来看,前几期各变量的影响程度都比较大,这一现象与现实相符。1999年县南沟流域实施退耕还林工程,林草技术为主,梯田技术、垄沟种植技术等为辅,与此同时,政府部门为求致富,

极力推广果树产业、高校设施农业等,因此,水土保持技术实施初期,对于农业产业的发展、农业资源的利用都产生了极大影响。随着滞后期数的增加,各变量的响应值呈现向零效应收敛的迹象。原因在于:2008 年,严重的水土流失基本得到治理,环境显著改善,农林牧土地面积趋于稳定,流域内主要产业已形成。因此,导致各变量的响应值趋于 0,从另一个角度说明了,目前水土保持技术的更新、农业资源的利用、农业产业的发展都有待我们进一步去研究、优化。

3.6 方差分解

方差分解是通过分析每一个结构冲击对内生变量变化的贡献度,进一步评价不同结构冲击的重要性。本文将分析水土保持技术(STBCJS)、农业产业(NYCY)、农业资源(NYZY)三者分别对水土保持技术(STBCJS)、农业产业(NYCY)、农业资源(NYZY)变动的贡献程度。分析结果见表 5—7。纵向表示滞后期数(单位:年),横向表示各变化量的贡献度(%)。

表 5 水土保持技术(STBCJS)的方差分析 %			
滞后期数/a	STBCJS	NYCY	NYZY
1	100.0000	0.000000	0.000000
2	78.98526	19.70363	1.311109
3	65.39963	32.62363	1.976743
4	50.78352	47.56874	1.647741
5	48.82098	49.36933	1.809691
6	48.44745	49.85341	1.699146
7	48.43349	49.48247	2.084040
8	49.10190	48.86468	2.033419
9	49.24446	48.67349	2.082053
10	49.03428	48.89316	2.072559
11	49.03090	48.87984	2.089259
12	48.95114	48.94298	2.105873

由表 5 可知,随着滞后期的增加,水土保持技术对其自身的方差贡献率呈下降趋势,直到第 12 期方差贡献率为 48.95%。农业产业对水土保持技术的方差贡献率呈上升趋势,从第 1 期的 0 增长到第 12 期的 48.94%。农业资源对水土保持技术的贡献率从第 2 期的 1.31%上升到第 12 期的 2.1%。农业产业对水土保持技术的方差贡献率从始至终都高于农业资源对水土保持技术的方差贡献率。反映了影响水土保持技术应用的最大影响因素是技术本身,其次农业产业的贡献率仅次于水土保持技术自身的贡献率。表明了一项技术的使用,首先要考虑区位特征、地形地貌、自然条件等,其次再考虑经济发展需求等。

由表 6 可知,第 1 期,农业产业对自身的方差贡献达到最大值 98.91%,水土保持技术对农业产业的方差贡献率为 1.09%,农业资源对农业产业的方差贡献率为 0。第 2 期开始,水土保持技术对农业产业的

方差贡献率持续增加,直到第 12 期的方差贡献率为 62.27%;农业产业对其自身的贡献率开始递减,直到第 12 期贡献率为 36.09%。除第 1 期外,水土保持技术对农业产业的贡献率都高于农业产业对自身的贡献率。反映了影响农业产业的最大因素是水土保持技术,林草技术、梯田技术、垄沟种植技术等的应用改变了农民生产生活方式,提高了农民经济效益。农业资源对农业产业的方差贡献率从第 1 期开始递增,到第 8 期增加为 1.64%,此后的贡献率一直维持在 1.64%左右。这与脉冲响应函数的分析结果一致。

表 6 农业产业(NYCY)的方差分析 %			
滞后期数/a	STBCJS	NYCY	NYZY
1	1.086147	98.91385	0.000000
2	52.94298	45.10086	1.956158
3	70.55170	27.54813	1.900167
4	70.93836	27.43833	1.623311
5	67.36261	31.14890	1.488491
6	63.78418	34.77187	1.443958
7	61.53623	36.89029	1.573485
8	61.42659	36.93443	1.638974
9	62.08999	36.29380	1.616212
10	62.27425	36.09333	1.632421
11	62.28612	36.07750	1.636383
12	62.27080	36.09101	1.638190

表 7 农业资源(NYZY)的方差分析 %			
滞后期数/a	STBCJS	NYCY	NYZY
1	3.391346	82.69504	13.91361
2	63.63069	33.92044	2.448866
3	53.77523	43.98826	2.236511
4	53.10768	44.28865	2.603665
5	44.86930	52.93756	2.193146
6	45.92145	51.22891	2.849648
7	46.99777	50.17115	2.831079
8	47.05217	49.83575	3.112078
9	46.92090	49.98771	3.091395
10	46.82998	50.05303	3.116994
11	46.68588	50.14931	3.164807
12	46.67019	50.07083	3.258979

由表 7 可知,第 1 期农业资源对于其自身的的方差贡献率为 13.91%,第 2 开始递减,第 8 期开始回升,直到第 12 期,贡献率缓慢增加至 3.26%。水土保持技术对农业资源的方差贡献率在第 1 期为最小值 3.39%,第 2 期达到了最大值 63.63%,随后开始逐渐下降,直到第 12 期的贡献率为 46.67%。农业产业对农业资源的方差贡献率在第 1 期达到最大值 82.70%,第 2 期为最小值 33.92%,随后开始增加,直到第 12 期的贡献率维持在 50%左右。第 2—4 期,

水土保持技术的贡献率比农业产业的贡献率大,第5—12期,农业产业贡献率超过了水土保持技术贡献率。反映出前期农业资源的变化受水土保持技术应用的影响,后期主要受农业产业发展的影响。

## 4 讨论与结论

本文通过构建向量自回归模型(VAR),运用格兰杰因果关系检验、脉冲响应函数和方差分解等方法,明确了水土保持技术、农业产业、农业资源三者间构成双向因果关系。说明水土保持技术的实施引起农业产业、资源的变化,同时农业产业、资源的变化反作用于水土保持技术。

(1) 水土保持技术、农业产业、农业资源之间存在反馈作用。对于县南沟流域而言,负向作用时期较长,但随着滞后期数的增加,负向作用逐渐减弱趋向0,随着水土保持技术的应用和实施,技术效益的显化、农民思想意识的提高,这种负向作用逐渐减弱。

(2) 水土保持技术应用的最大影响因素是技术本身;农业产业发展的最大影响因素是水土保持技术应用;农业资源前期最大影响因素是水土保持技术应用,后期最大影响因素是农业产业发展。说明了农业产业的发展、资源的利用都离不开水土保持技术的使用,然而水土保持技术实施的前提条件是满足技术自身所需。因此,未来水土保持技术更新、优化在优先考虑技术相宜性(与专家的判定和对县南沟流域的评估结果一致)的基础上,还需要考虑经济发展、社会需求以及生态环境条件等。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部.中国水土保持公报[EB/OL]. 2018. <http://www.mwr.gov.cn>.
- [2] 乔梅,王继军,李玥,等.纸坊沟流域水土保持技术及其产生背景分析(英文)[J].资源与生态学报,2017,8(4): 433-440.
- [3] 刘勇,冉大川,吴永红.黄河中游水保措施保存面积的核实初探[J].水土保持通报,1994,14(4):39-42,58.
- [4] 喻权刚.黄河流域四大水土保持重点治理区治理措施保存率的分析评价[J].水土保持通报,1995,15(1):1-7.
- [5] 赵有恩.黄河中游水土保持措施保存率分析及措施状况评述:以黄河河龙区间南片为例[J].干旱区资源与环境,1996,10(2):46-52.
- [6] 刘刚才,张建辉,杜树汉,等.关于水土保持措施适宜性的评价方法[J].中国水土保持科学,2009,7(1):108-111.
- [7] 王兵,张光辉,刘国彬,等.黄土高原丘陵区水土流失综合治理生态环境效应评价[J].农业工程学报,2012,28(20):150-161.
- [8] 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.
- [9] 鲁子瑜,邹厚远,马志仁.摘牛沟小流域林草配置模式试验研究[J].水土保持通报,1991,11(2):51-54.
- [10] 蒋定生,江忠善,侯喜禄,等.黄土高原丘陵区水土流失规律与水土保持措施优化配置研究[J].水土保持学报,1992,6(3):14-17.
- [11] 姚文艺,茹玉英,康玲玲.水土保持措施不同配置体系的滞洪减沙效应[J].水土保持学报,2004,18(2):28-31.
- [12] 王学强,蔡强国,和继军.红壤丘陵区水保措施在不同坡度坡耕地上优化配置的探讨[J].资源科学,2007,29(6):68-74.
- [13] 李成杰,许靖华,焦宝明.试论水保措施优化配置及方法[J].水土保持科技情报,2004(6):11-12.
- [14] 王继军,李慧,苏鑫,等.基于农户层次的陕北黄土丘陵区农业生态经济系统耦合关系研究[J].自然资源学报,2010,25(11):1887-1896.
- [15] 成思敏.陕北退耕区农业产业—资源系统耦合机制研究[D].北京:中国科学院大学(中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心),2018.
- [16] 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.
- [17] 汪阳洁.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.
- [18] 夏自兰,王继军.基于水土保持下的纸坊沟流域农业产业—资源系统耦合效应评价[J].自然资源学报,2011,26(10):1647-1657.
- [19] 姚文秀,王继军,夏自兰.基于退耕还林工程下的农业产业—资源耦合响应:以吴起县为例[J].生态经济:学术版,2012(1):112-115,119.
- [20] 梅花,王继军,高亮,等.安塞县农业资源—产业耦合系统对水土保持的响应分析[J].干旱地区农业研究,2013,31(5):150-155,226.
- [21] 易丹辉.数据分析与EViews应用[M].北京:中国人民大学出版社,2008.
- [22] 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.
- [23] 赵晓翠,王继军,乔梅,等.水土保持技术对农业产业—资源系统的耦合路径分析[J].生态学报,2019,39(16): 5820-5828.
- [24] 王继军.黄土丘陵区纸坊沟流域农业生态经济安全评价[J].中国水土保持科学,2008,6(4):109-113.
- [25] 吴桐雨,王健.中国物流业、经济增长与技术创新:基于2002—2017年向量自回归模型的实证研究[J].工业技术经济,2019,38(3):116-122.