

水土保持技术选择的主要驱动要素分析

乔梅¹, 王继军^{1,2}, 李玥¹, 赵晓翠¹

(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:针对水土保持技术选择理论研究相对滞后的现实,采用文献分析法、实地调查走访以及专家咨询等方法对水土保持技术选择的生态经济学背景进行了分析,并以典型流域——安塞县纸坊沟流域为例进行了实证,初步明确了水土保持技术与相关要素的耦合关系。(1)水土保持技术因水土流失的发生而产生,区域水土保持技术的选择和应用受到当时生态治理目标、国家宏观政策、区域经济发展的作用和制约;(2)纸坊沟水土保持技术的选择和应用与其水土流失治理的3个时期相对应,1973—1985年、1986—1998年、1999年之后,分别解决的主要问题是:粮食需求,流域生态系统恢复;在解决温饱发展的基础上,促使流域生态系统稳定恢复;生态修复和生态系统功能稳步提升,所采用的水土保持技术分别为:水土保持工程技术、水土保持耕作技术为主、水土保持工程技术及水土保持生物技术为主,并实施了配套的耕作技术、生物技术为主,以工程技术和耕作技术作为补充与配套的技术体系。(3)水土保持技术的成熟度、应用难度、区域潜在实施效果等相耦合,形成了区域水土保持技术选择与应用的评估体系。

关键词:水土保持技术;生态经济学背景;耦合关系;纸坊沟流域

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)02-0132-07

Analysis of Main Driving Factors of Soil and Water Conservation Technology Selection

QIAO Mei¹, WANG Jijun^{1,2}, LI Yue¹, ZHAO Xiaocui¹

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

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

Abstract: In view of the lagging reality of the theory of soil and water conservation technology selection, the ecological economic background of soil and water conservation technology selection was analyzed with the methods of literature analysis, field investigation and consultation, and expert consultation. The Zhifanggou watershed, Ansai County was taken as an example. The coupling relationship between soil and water conservation technology and related elements was preliminarily clarified. (1) Soil and water conservation technologies resulted from the occurrence of soil erosion. The selection and application of regional soil and water conservation technologies were affected and restricted by the target of ecological management and regional economic development. (2) The selection and application of water and soil conservation technology in Zhifanggou watershed corresponded to the three periods (1973 to 1985, 1986 to 1998, after 1999) of soil erosion control. The main resolved problems were: food demand, the restoration of ecological environment and improvement of ecological function. Soil and water conservation technology, soil and water conservation engineering technology, soil and water conservation engineering technology and soil and water conservation tillage technology were adopted, and supporting biological technology and biotechnology were implemented, and engineering and tillage technology were used as complementary and complementary technology systems. (3) The maturity of the soil and water conservation technology, the difficulty of application, and the regional potential effects were coupled to form an assessment system for the selection and application of regional water and soil conservation technologies.

Keywords: soil and water conservation technology; ecological economics background; coupling relationship; Zhifanggou Watershed

针对我国水土流失分布广、强度大、危害重的特点,采取工程措施、生物措施和耕作措施加大重点治理区的治理度,取得了显著效果。根据《第一次全国水利普查水土保持情况公报》(水利部,2013年5月),截至2011年12月31日,全国(未含香港、澳门特别行政区和台湾省)共有水土流失面积294.91万 km^2 ,其中,水力侵蚀面积129.32万 km^2 ,占水土流失总面积的43.85%;风力侵蚀面积165.59万 km^2 ,占水土流失面积的56.15%。2016年,全国共完成水土流失治理面积5.62万 km^2 ,其中,新修基本农田(包括坡改梯)57.44万 hm^2 ,营造水土保持林168.99万 hm^2 ,经济果木林64.29万 hm^2 ,种草42.31万 hm^2 ,封禁治理155.88万 hm^2 ,保土耕作等治理面积73.12万 hm^2 ^[1]。这一显著成果的实现离不开合理的水土保持技术应用,明确这一结果及形成过程,对于进一步实施水土流失治理,建设生态文明具有重要的现实意义。

针对水土保持技术及相关研究主要集中在:水土保持技术效益评价指标与方法^[2-4]、单项水土保持技术评价^[5-6]、水土保持综合效益定量评价^[7-8]、水土流失治理模式研究^[9-12]以及水土保持生态修复^[13-15]等。已有的相关研究对于水土流失治理以及生态修复有重要参考作用,但针对不同地区异质性选择适宜的水土保持技术等方面的理论研究较少,这在一定程度上阻碍了水土保持学科的进展以及生态文明建设。基于此,围绕生态文明建设、人与自然和谐发展的要求,从生态经济理论以及实证方面明确水土保持技术选择的必然性,为不同区域选择适宜的水土保持技术提供参考,并促使系统要素的合理耦合,实现生态经济的可持续发展。

1 水土保持技术产生的动因

水土流失是在水力、风力、重力等外营力作用下,水土资源和土地生产力的破坏、损失^[16]。地貌高低起伏、坡陡沟深、降水分布不均、表土疏松、植被稀少等不利因素是发生水土流失的自然因素。毁林开荒、过度放牧、破坏植被等不当的经济活动,是造成水土流失的诱发因素。

我国是个多山的国家,并且黄土分布较广,黄土土质疏松,遇水易分散、崩解,抗蚀能力差;丘陵地区以及黄土地区沟壑纵横,坡陡沟深,使土壤侵蚀易发生;表层植被稀少,覆盖度低,失去保护的土壤表层极易发生侵蚀^[17];大部分地区是季风气候,降雨集中且多暴雨,导致严重水土流失的往往是1~2场暴雨,径流冲刷和搬运能力强。

我国人口密度大,对各种资源的需求也大,在生

存压力下,曾大面积开垦陡坡,将宜林地开垦为农田,使生态系统严重破坏,甚至毁林开荒,使地表裸露,加剧了水土流失。目前,随着城市化进程的加快,各类开发建设项目增多,建厂、修路以及开采等破坏了地表稳定性,易引发塌方、滑坡等地质灾害。

水土流失不仅影响着经济发展,同时,自然灾害的发生威胁人们的生命和财产安全。因此,必须要采取各种有效措施和技术保护水土资源,促进经济快速、稳定发展,保障人们的健康生活。归结起来,正是由于水土保持技术的应用使得水土流失得到了有效治理,因而,水土流失是水土保持技术产生的直接因素。在生态文明建设的需求和发展下,要遵循自然规律,坚持生态效益、经济效益和社会效益相结合,工程技术、生物技术以及耕作技术相结合,形成综合防护技术体系,既能发挥保护水土资源、改善生态环境的作用,又能改变“越穷越垦,越垦越穷”的局面,为人类的生存和可持续发展奠定基础。

2 水土保持技术产生的生态经济背景

水土保持技术服务于水土流失治理,同时受社会、生态以及经济因素制约。相关研究也表明,各国水土保持技术的采用率普遍较低^[18-19],水土保持技术的采用由当地的自然、经济和社会因素共同决定,比如:农民的水土保持意识和态度^[18]、水土保持技术的经济收益和风险^[20-21]、当地的自然、经济以及社会条件^[22-24]、政府的水土保持推广服务和配套政策^[19,25]等,其中国家对该区域的战略定位及区域经济发展需求对水土保持技术的选择具有重要的驱动作用^[26]。

2.1 国家对区域战略定位与水土保持技术

国家对区域战略定位主要包括生态环境治理与区域可持续发展,区域可持续发展通过政策调控,生态治理目标是水土保持的直接目的,因而,水土保持技术的选择首先要满足生态治理的需求;同时,水土保持必须着眼于解决区域长远发展的水、土资源、可持续发展等方面的战略性目标,满足国家宏观布局。

2.1.1 基于生态治理需求视角下的水土保持技术及其相互关系 20世纪50、60年代,我国生态治理处于探索阶段,其目标主要是提高人们保护生态环境的思想和认识,为中国特色社会主义生态治理奠定基础。在“以粮为纲”思想的影响下,各地区乱砍滥伐比较严重,地表植被覆盖极少;加之水土保持技术相关理论基础薄弱,没有形成综合的治理模式。基于此,主要以勘察水土流失现状,规划水土流失治理任务为主,在坡耕地修地埂、塍面缓坡修软埝以及局部修梯田等以解决温饱问题为主^[27],探索水土保持治理模式和治理技术。

到20世纪70,80年代,生态治理逐步步入法制化道路,将环境保护上升为我国基本国策,生态治理随之进入开拓阶段。随着改革开放政策的实施,要将生态治理作为经济发展的一个重要内容,并推进生态治理的法制化进程。但由于人口增长速度较快,人地矛盾依然存在,繁重的人口负担和粮食问题仍是关键。随着人们环境保护意识的增强和对国家政策、法规的重视,我国生态环境治理进入新阶段。1982年颁布《水土保持工作条例》,总结我国30年来的水土保持工作正反两方面的经验和教训,提出新时期水土保持工作的方针^[28],初步开始探索小流域综合治理。在水土流失调查和规划的基础上,梯田、淤地坝以及坡面种草技术大量运用,沟垄种植、坡地水平沟种植、飞播造林以及草、粮带状间轮作也逐步发展,适当结合工程技术、生物技术以及耕作技术,解决水土流失问题和生活、生产问题。

到20世纪90年代,国家经济体制改革,可持续发展是一个重要的战略目标。随着大规模的乱砍滥伐现象减少,开始规划并实施退耕还林工作,到2010年完成全国范围25°以上坡耕地退耕还林任务及25°以下生态脆弱、水土流失严重的坡耕地退耕还林任务^[29]。但同时也面临着新的问题和挑战,经济发展过程中开发建设项目带来的水土流失较为严重,成为新的水土流失源。总体来说,要以开发促进水土流失治理,水土流失治理保障社会发展,生态效益、经济效益以及社会效益协调发展。这一时期开始从单项水土保持技术发展工程、生物以及耕作技术相结合的水土保持综合治理技术体系,坡耕地改造与植树造林相结合、治沟与治坡相结合、生态建设兼顾经济发展,优化产业结构。

21世纪以来,随着全面建成小康社会进程的加快,生态环境建设以及生态文明建设提到了前所未有的高度,建设美丽国家、美丽生态是新时代的新要求、新标准。既要恢复生态、扼制水土流失、建设基本农田,也要适应现代农业发展,稳固退耕还林成果,最主要的是要将区域产业结构调整 and 优势农业相结合。因此,在水土流失治理过程中,要以生态修复为主,把领先技术与传统水土保持技术相结合,使区域经济持续发展,生态、经济以及社会协调发展。

2.1.2 基于国家政策等宏观要素约束下的水土保持技术及其相互关系 在农业合作化时期,土地改革完成之后,对农业进行社会主义改造,即把个体农民引入集体化道路^[30],水土保持也列入合作化之中。根据《中华人民共和国水土保持暂行纲要》(1957)制定开发荒山荒地政策,在“以粮为纲”思想的指导下,

提高粮食产量是当时的主要目的。1962年开始,在国务院相关政策的激励下,在原有坡地上修筑梯田,沟道打淤地坝、修谷坊等,采取一系列水土保持工程技术,提高粮食产量,快速治理水土流失。

到20世纪70,80年代,以家庭联产承包责任制为主,土地包产到户,水土保持工作必然面临挑战。人们急切追求致富,因此,水土保持技术方面既要满足人们对经济的要求又要满足小流域分散的特点。水土保持技术方针随着家庭联产承包责任制的实行调整为“防治并重,治管结合,因地制宜,全面规划,综合治理,除害兴利”^[30],开始禁止陡坡开荒,以25°以上坡耕地水土流失治理为主,采取基本农田建设、优化梯田、修筑淤地坝、植树种草等技术措施对小流域综合治理。

随着社会主义市场经济体制改革,水土保持相关法律、法规办法颁布。提出“预防为主,全面规划,综合防治,因地制宜,加强管理,注重效益”的水土保持工作方针,水土保持工作更加重视。形成以承包、拍卖使用权为主,租赁经营、股份合作等多种形式治理的新格局,治理范围扩展到荒山、荒坡、荒沟、荒滩资源^[30]。建设好基本农田,逐步退耕还林还草,培肥土壤,优化农作物品种,多方式提高产量和收入,也达到了保护水土的目的。在陕西榆林地区的毛乌素沙区,采用户包、拍卖等形式进行治理开发,在不到8a的时间新开辟水地4万hm²,大大改善了沙区生态环境^[31],更重要的是劣势土地变为优势资源,增加了农民的经济收入。

1998年开始,国家逐步启动水土流失重点治理、退耕还林以及天然林保护等大规模生态环境工程之后,我国水土保持生态建设进入新阶段。水土保持工程纳入基本国策建设,以生态修复为主。这一时期,既要改善环境,又要提高贫困地区的经济收入。因此,退耕还林、封育是当时采取的主要的水土保持生物技术,既营造水土保持林,也营造经济林,以修复为主。对梯田进行优化,减少水土流失。新世纪,在生态文明建设的要求和目标下,加大水土流失治理力度,促进生态、经济可持续发展,要把前沿领域的新技术广泛应用到水土保持方面,结合传统的工程、生物以及耕作技术,促进美丽中国的建设。

以上分析表明:区域生态治理目标、国家政策等宏观要素以及水土保持技术应用过程相耦合。水土保持技术的选择要着眼于解决区域长远发展的战略性目标,并满足区域的生态需求,从而达到区域可持续发展。

2.2 区域经济发展需求与水土保持技术

区域经济发展也是水土保持技术选择与应用的重要影响要素,为了实现可持续发展,必须把握好水

水土流失治理与区域经济发展的动态关系。水土流失促使水土保持技术产生,因此,必须考虑水土保持技术与区域经济发展的关系,以促进生态环境与经济建设和谐发展。不同区域经济发展阶段,由于经济增长方式以及技术水平等因素不同,对土地利用方式则不同。因而,造成的水土流失程度不同,采取的水土保持技术也略有变化。

在区域经济发展初期,我国经济建设刚刚起步,快速发展经济是刻不容缓的任务。因此,将有限的资源和资金都投入到自然资源的开发利用中。在这一时期,人的环境保护思想和意识较差,渴求经济发展,掠夺式开发自然资源,尽管经济发展速度较快,但粗放式开采自然资源,导致了严重的水土流失(图1)。因此,要控制、治理水土流失,提高区域的农业产量,减少对自然资源的无度开采,主要措施是以梯田和淤地坝为主,快速控制水土流失,提高土地质量增产增收。

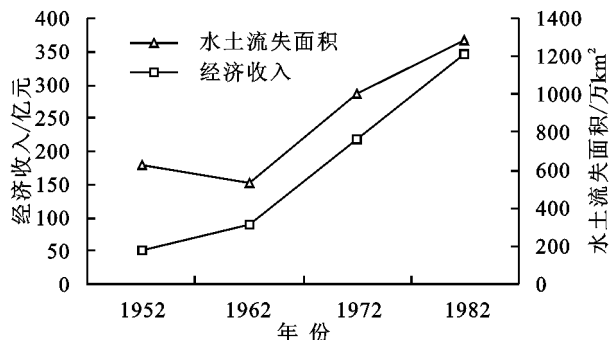


图1 区域经济发展初期我国经济收入与水土流失面积变化趋势

区域经济发展中后期,经济发展水平和经济实力增强,加大了水土流失治理、自然资源保护的投入,为可持续发展提供基础。人们对环境保护的意识随经济发展而增强,加之技术和生产力的提升,具备水土保持的财力和物力,采取科学合理的水土保持技术使水土流失状况得到了改善,对土地资源的依赖程度相应得到控制。这一时期,主要实施小流域综合治理,在沟道修筑淤地坝和谷坊,以拦沙、防治侵蚀为主;在陡坡植树造林,以生物技术为主,增加地表覆盖度;对耕地实施少免耕、等高耕作、覆盖耕作等,以农业耕作技术达到保护水土、增产增收的目的。陕西丹凤县陈家沟小流域以水土保持工程技术和水土保持生物技术为主,在山顶营造水土保持林,坡中部栽植经济林,缓坡修筑梯田,沟道建渠排灌,形成综合防治体系。经过3 a治理,计算期内经济效益为3 717.55万元,水土保持项目国民经济评价指标中经济内部收益率为44.8%,经济净现值为3 191.64万元^[33],具有较好的经济效益,保护了区域生态环境,改善了经济状况。

2.3 纸坊沟流域的实证

纸坊沟流域属黄土丘陵沟壑区,该流域内梁峁起

伏,1938年,流域曾为次生林区,人口稀少,生态系统基本处于动态平衡,耕垦指数仅13.4%,林草覆盖率76.5%,粮食亩产96.6 kg^[33]。随着人口迅速增长,加之部分政策影响,大面积毁林开荒,农林牧用地比例严重失调,流域生态环境严重破坏,水土流失严重。到1958年,耕垦指数高达51.5%,林草覆盖率仅有37%,粮食单产207.75 kg/hm²,土壤侵蚀模数更是高达46 393.56 t/(km²·a)^[33-34]。此后,开始对流域进行治理,治理过程大致经历了3个时期,相应的水土保持技术也经历了3个时期:1973—1985年生态系统不稳定恢复期,主要以解决粮食需求为主;1986—1998年,生态系统稳定恢复期,在解决温饱发展的基础上,促使流域生态系统稳定恢复;1999年开始,进入生态系统功能稳定提升期,以生态修复和生态系统功能稳定提升为主。

1973—1985年,流域生态环境进入不稳定恢复期。其特点是:水土流失治理理论基础弱,自然、经济等条件限制农业、经济发展。自1973年开始,对纸坊沟流域开展综合规划,实行山水田林路综合治理。治理目标为:以控制25°以上坡地水土流失为主,提高粮食产量,解决燃料问题。主要兴修基本农田,实施垄沟种植和水平沟种植,以提高产量,减少坡面径流;部分沟道修柳谷坊、淤地坝,防治沟头冲刷;少数坡地开始退耕还林。但1981年实行家庭联产承包责任制后,人们急切追求富裕,出现开荒风,耕垦指数从1975年的42.90%扩大到47.90%^[33],林地再次遭到破坏。为了改善流域再度恶化的生态环境,1984年开始,流域被列为陕西省试验示范区,提升流域内农业生产条件、改善生态环境。

1986—1998年,流域生态环境进入稳定恢复期。1986年,流域被列为国家“七五”科技攻关试验示范区,开始小流域综合治理。治理目标为:在解决温饱发展的基础上,促使流域生态系统稳定恢复。以工程技术和生物技术为主,配套相应的耕作技术,在稳定恢复生态系统的同时保证农业稳产、高产。因此,一方面形成了以村庄为中心的平面圈状配置,在近居区兴修基本农田,发展家庭果园;中区实行草、粮带状间轮作和水平沟种植,形成水土保持耕作治理开发区;远区保护、恢复天然林和人工林草植被;同时形成坡面立体梯层配置,在坡顶修筑隔坡水平阶,种植沙打旺等牧草,实行轮封放牧,既防止了水土流失,也为畜牧业发展提供了饲料;坡上部的陡坡修筑窄梯田,种植苹果经济林,增加收入;在坡中部修筑水平梯田,种植农作物,通过增施肥料,提高粮食产量,基本形成高产稳产;在坡脚植树造林,增加植被覆盖,减少冲刷;支沟修筑柳谷坊防止沟底下切,主沟道适当配置淤地坝

骨干工程,拦泥造地。综合水土保持工程技术、生物技术以及耕作技术,并兼顾生态建设和经济发展的小流域综合治理模式取得了显著成果,水土流失明显得到控制(表 1),粮食产量稳步提升(表 2),人均纯收入从 1985 年的 309.11 元增加到 1995 年的 2 032.6 元,植被覆盖率增长到 57.70%,土壤侵蚀模数减少至 1 876.50 t/(km²·a),生态环境和经济条件均得到改善。在生态系统稳定恢复时期,以水土保持工程技术和生物技术为主,辅以耕作技术,在稳定粮食产量的同时稳固退耕还林、还草成果。

表 1 纸坊沟流域 1975—1995 年土壤侵蚀模数变化

	t/(km ² ·a)		
年份	1975	1985	1995
土壤侵蚀模数	14000.00	13104.30	1876.50

表 2 纸坊沟流域 1975—1995 年农业生产情况变化

年份	人口/人	人均基本农田/ (hm ² /人)	单产/ (kg·hm ⁻²)
1975	383	0.05	280.50
1983	407	0.06	447.76
1985	417	0.09	300.75
1995	546	0.16	1185.00

1999 年开始,以生态修复为主,进行规模治理。1999 年开始实施退耕还林工程,国家进行财政补贴政策,鼓励农民积极实施退耕还林还草工程,取得了可观的生态效益和经济效益。治理目标为:生态修复和生态系统功能稳步提升。既要注重流域内产业结构调整 and 农业基础设施建设,又要使退耕还林成果“不反弹”。因此,修建适应现代化农业发展需要的高标准梯田以稳固退耕还林成果,使用保护性耕种技术,提高土地质量,减少水土损失,以自然修复为主,综合采取水土保持工程技术、生物技术以及耕作技术,以生物技术和工程技术为主,强调生态环境自然修复,恢复林草植被,使流域内水土流失治理、产业结构调整以及经济发展取得了显著成果(图 2—3),尤其林业收入,逐年显著增加(图 3)。到 2004 年,流域内粮食单产达到 4 505.05 kg/hm²,人均纯收入达到 2 359.23 元,水土流失治理度从 1999 年的 72.00%上升到 2005 年的 77.00%,土壤侵蚀模数降低到 2 000 t/(km²·a)以下。

在不同的经济、生态背景以及宏观政策、法律法规下,有不同的需求和不同的水土流失治理技术,并且,通过每一阶段的水土流失治理,都取得了较好的效果。目前,在生态文明建设的目标和要求下,既要发展经济、改善环境,又要以开发促发展、以开发促治理,在治理中开发,协调发展生态、经济和社会效益。因此,在水土保持技术选择上,既要能控制水土流失,

又要协调区域经济发展,满足社会进步需求。

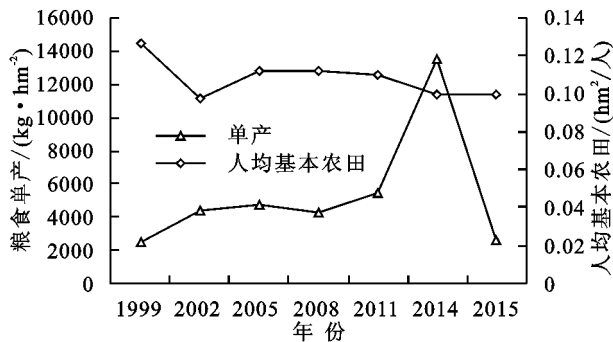


图 2 1999—2015 年纸坊沟流域农业生产情况变化

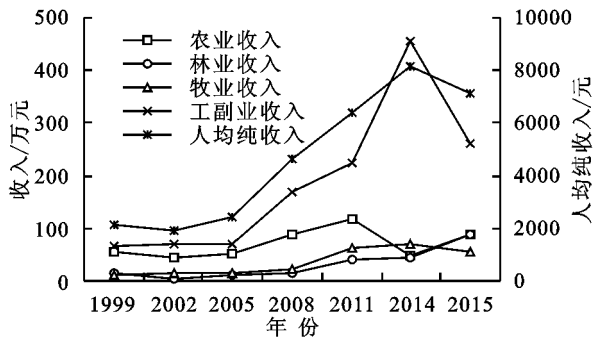


图 3 1999—2015 年纸坊沟流域经济收入变化

3 水土保持技术与主要相关要素适应性关系

以上分析表明,在坡陡沟深、降水分布不均以及表土疏松等自然因素和毁林开荒、过度放牧等人为因素下产生并加剧水土流失。同时,自然因素、人为因素、生态环境建设、区域经济发展与其相关要素构成了水土保持技术选择和应用的耦合系统(图 4)。

从水土保持技术与生态环境建设的关系来看,水土保持通过对生态环境的治理促使生态系统恢复。自然条件是决定水土保持技术选择和应用的基础,包括技术实施的土壤条件、自然地形条件等。我国地貌地形、土壤以及气候等自然条件差异较大,对植被生长影响较大,选取的水土保持技术截然不同,比如缓坡地以梯田为主,陡坡以造林种草为主,沟道以淤地坝、谷坊等为主。各项水土保持技术实施的最终目的是为了恢复生态环境,因而,生态效益是水土保持技术选择和应用的动力之一。

从水土保持技术与区域经济发展关系来看,区域社会经济条件达到技术实施要求的程度是水土保持技术实施的一个重要条件。相关研究指出:收入以及农民对风险态度是影响采用新技术的重要因素^[21]。通过调查发现,20 世纪 80 年代初,纸坊沟流域采取补贴化肥、农药等政策,示范推广栽种果树,由于果树见效过程较长,农民不可预知此过程中的风险,大多

数农民只为获取补贴,对栽种果树不管理,甚至人为破坏,导致流域内第一批经济林快速退化,效益甚微。当区域经济发展较好时,可为技术的实施提供有力支

撑,从根本上改变“贫困—开垦(解决粮食问题)—水土流失—环境恶化—土地质量降低—贫困加剧”的恶性循环,实现区域经济可持续发展,建设美丽新农村。

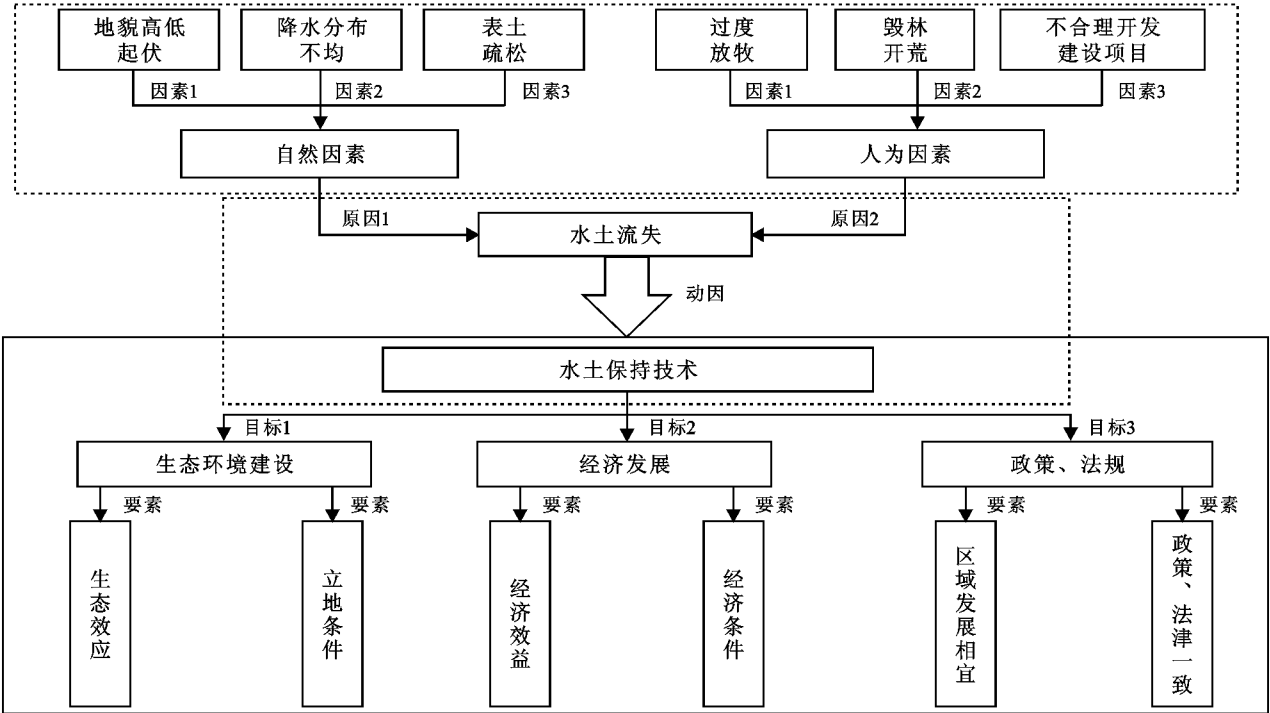


图 4 水土保持技术与主要相关要素耦合关系

水土保持相关知识推广和水土保持技术实施的相关激励政策对水土保持技术持续采用有积极作用^[25]。农民对水土流失危害、水土保持技术产生效益的了解是水土保持技术被采用和稳定发挥作用的前提;适当的经济激励政策对于水土保持技术的顺利实施和推广相当重要,但不能从根本上解决农民关心的经济收入问题^[19]。因此,水土保持技术从规划、设计到应用必须要与区域的规划布局、法律法规相一致,满足《水土保持法》、区域水土保持工作方针等相关法律、法规的同时更要促进区域经济发展。

就水土保持技术本身而言,技术本身的结构和各构成要素之间的关系也是制约水土保持技术能否成功选择和实施的条件,比如技术结构是否完整,性能是否稳定等。并且,大部分水土保持技术由政府统一规划、设计并组织实施,技术应用成本和需要的技术人员水平高低同样是技术在水土流失区域能否顺利实施的限制因素。归结起来,技术的成熟度(完整性、稳定性)和技术应用难度(技术成本、所需技术人员水平)也是水土保持技术的选择和应用的制约因素。

综上所述,水土保持技术在区域内是否适宜,包括技术其本身属性、相宜性以及技术效应等方面因素影响,当三者之间达到良性耦合时,水土保持技术效果最优。

4 结论与讨论

(1) 水土保持技术因水土流失的发生而产生,区域水土保持技术的选择和应用受到当时生态治理目标、区域经济发展的作用和制约。

(2) 纸坊沟水土保持技术的选择与应用与其水土流失治理的 3 个时期相对应。1973—1985 年,以解决粮食需求为主,流域生态系统进入不稳定恢复期,主要采取水土保持工程技术和水土保持耕作技术,辅以水土保持生物技术;1986—1998 年,在解决温饱发展的基础上,发展经济,促使流域生态系统稳定恢复,采用水土保持工程技术及水土保持生物技术为主,并实施了相应的耕作技术;1999 年之后,以稳固退耕还林成果、发展区域经济等为主,促使生态系统功能稳步提升,以水土保持生物技术为主,以工程技术和耕作技术作为补充与配套的技术体系。

(3) 水土保持技术的成熟度、应用难度表征了水土保持技术的属性,水土保持技术的区域相宜性是水土保持技术选择的基础,水土保持技术潜在效果是水土保持技术选择和应用的动力。这些要素相耦合,形成了区域水土保持技术选择与应用的评估体系。

致谢:感谢中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心谢永生研究员、骆汉助理研究员、西北农

林科技大学理学院郭满才教授、胡小宁讲师在指标耦合关系表征讨论中提出宝贵意见!

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. 第一次全国水利普查水土保持情况公报[EB/OL]. (2013-05-29)[2018-03-01]http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/zgstbcgb/201612/t20161222_776093.html.
- [2] 李智广, 曹伟, 刘秉正, 等. 我国水土流失状况与发展趋势研究[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 57-62.
- [3] 康玲玲, 王霞. 小流域水土保持综合治理效益指标体系及其应用[J]. 土壤与环境, 2002, 11(3): 274-278.
- [4] 韦杰, 贺秀斌, 汪涌, 等. 基于 DPSIR 概念框架的区域水土保持效益评价新思路[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(4): 66-69.
- [5] 张单. 基于水土保持效益的黄土高原退耕还林政策评价[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [6] 刘佳, 王继军. 黄土丘陵区纸坊沟流域“退耕还林”工程实施后生态足迹变化分析[J]. 水土保持通报, 2008, 28(5): 161-165.
- [7] 孙昕, 李德成, 梁音. 南方红壤区小流域水土保持综合效益定量评价方法探讨: 以江西兴国县为例[J]. 土壤学报, 2009, 46(3): 373-380.
- [8] 陈渠昌, 张如生. 水土保持综合效益定量分析方法及指标体系研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2007, 5(2): 95-104.
- [9] 李国强. 东北黑土区水土流失综合治理模式研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [10] 赵爱军. 小流域综合治理模式研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [11] 朱阿兴, 陈腊娇, 秦承志, 等. 水土流失治理新范式: 基于流域过程模拟和情景分析的方法[J]. 应用生态学报, 2012, 23(7): 1883-1890.
- [12] 谢永生, 李占斌, 王继军, 等. 黄土高原水土流失治理模式的层次结构及其演变[J]. 水土保持学报, 2011, 25(3): 211-214.
- [13] 刘国彬, 王兵, 卫伟, 等. 黄土高原水土流失综合治理技术及示范[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7074-7077.
- [14] 聂斌斌, 蔡强国, 张卓文, 等. 基于 GIS 的陕西省水土保持自然生态修复区研究[J]. 自然资源学报, 2012, 27(2): 235-242.
- [15] 董智, 刘霞, 姚孝友, 等. 不同生态退化类型的水土保持生态修复对策[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(5): 84-88.
- [16] 唐克丽. 中国水土保持[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [17] 秦天枝. 我国水土流失的原因、危害及对策[J]. 生态经济, 2009(10): 163-169.
- [18] De Graaff J, Amsalu A, Bodnar F, et al. Factors influencing adoption and continued use of long-term soil and water conservation measures in five developing countries[J]. Applied Geography, 2008, 28(4): 271-280.
- [19] Jara-Rojas R, Bravo-Ureta B E, Engler A, et al. An analysis of the joint adoption of water conservation and soil conservation in Central Chile[J]. Land Use Policy, 2013, 32: 292-301.
- [20] Morris N L, Miller P C H, Orson J H, et al. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment: A review[J]. Soil and Tillage Research, 2010, 108(1/2): 1-15.
- [21] D'Emden F H, Llewellyn R S, Burton M P. Adoption of conservation tillage in Australian cropping regions: an application of duration analysis[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2006, 73(6): 630-647.
- [22] Oostendorp R H, Zaal F. Land acquisition and the adoption of soil and water conservation techniques: A duration analysis for Kenya and the Philippines[J]. World Development, 2012, 40(6): 1240-1254.
- [23] Bewket W. Soil and water conservation intervention with conventional technologies in northwestern highlands of Ethiopia: Acceptance and adoption by farmers[J]. Land Use Policy, 2007, 24(2): 404-416.
- [24] Wang J, Huang J, Zhang L, et al. Why is China's Blue Revolution so "Blue": The determinants of conservation tillage in China[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 65(2): 113-129.
- [25] Udayakumara E P N, Shrestha R P, Samarakoon L, et al. Mitigating soil erosion through farm-level adoption of soil and water conservation measures in Samanawewa Watershed, Sri Lanka[J]. Acta Agriculturae Scandinavica, 2012, 62(3): 273-285.
- [26] 代富强. 水土保持技术的适宜性评价[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(12): 8-12.
- [27] 谢永生. 中国黄土高原水土保持与农业可持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [28] 李玥. 中美水土保持法比较研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [29] 赵新泉, 马艳娥. 退耕还林的生态作用及实施措施[J]. 林业资源管理, 1999(3): 36-39.
- [30] 王冠军, 乔建华, 柳长顺, 等. 我国水土流失综合防治政策研究[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 77-82.
- [31] 梁其春, 李鸣, 田安民. 黄土高原地区“四荒”治理的方略与对策[J]. 水利发展研究, 2005, 5(4): 23-27.
- [32] 党志良, 林启才, 史淑娟. 水土保持综合治理效益分析与评价: 以丹凤县陈家沟小流域为例[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2010, 40(3): 535-539.
- [33] 西北水土保持研究所, 安塞县人民政府. 黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究(上册)[M]. 陕西杨凌: 天则出版社, 1990.
- [34] 庞国伟, 谢红霞, 李锐, 等. 70 多年来纸坊沟小流域土壤侵蚀演变过程[J]. 中国水土保持科学, 2012, 10(3): 1-8.