

西南喀斯特山区峰丛洼地农业生产活动的 生态景观效应探讨

张军以^{1,2},王腊春¹,苏维词^{3,4}

(1.南京大学地理与海洋科学学院,江苏 南京 210093;2.贵州师范学院地理与旅游学院,贵州 贵阳 550018;
3.重庆师范大学地理科学学院,重庆 400047;4.贵州科学院山地资源研究所,贵州 贵阳 550001)

摘要:西南喀斯特山区峰丛洼地特殊的地形地貌特征,造成了物质能量循环及环境的封闭性,生态环境脆弱性强,加之区域社会经济发展落后,农村经济主要以传统种植业为主,农业生产活动对区域生态环境及景观有重要的影响作用。对农业生产活动及其生态效应进行探讨,以揭示其对喀斯特峰丛洼地自然景观格局演化的影响作用,有助于喀斯特峰丛洼地地区生态环境的恢复与重建。通过野外实地考察及相关文献整理,尝试从农业生产活动对喀斯特峰丛洼地系统中的水文系统、植被系统、土壤系统的影响效应入手,探讨农业生产活动对喀斯特峰丛洼地自然景观格局分布的影响。结果表明,峰丛洼地农业生产活动与喀斯特峰丛洼地景观变化具有显著的相关性联系,农业生产活动对峰丛洼地景观格局的作用机制,主要是通过原始植被的破坏阻断了峰丛洼地表层岩溶水循环路径及改变了表层岩溶带的产流模式造成的,最终导致峰丛洼地地表植被系统的稳定性弱化,损坏了景观的系统性,造成景观破碎化,使景观均值性减弱,稳定性下降进而造成景观的逆向演替甚至石漠化。

关 键 词:峰丛洼地;农业生产活动;景观格局

中图分类号: P951 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2013)04-0497-08

喀斯特峰丛洼地是典型的喀斯特地貌,在中国集中分布在西南部云贵高原南部斜坡地带。喀斯特峰丛洼地土壤贫瘠,水土流失严重,人地矛盾尖锐,“喀斯特贫困”现象严重。据中国国土资源航空物探遥感中心2002年的调查资料显示^[1],中国峰丛洼地面积达67 491.95 km²,主要分布在云南、贵州和广西3省区境内,其特殊的地形地貌结构,使物质能量循环相对封闭,生态环境脆弱性强,易出现环境退化。

喀斯特峰丛洼地生态环境的脆弱性使其对外界干扰因素的变化反应灵敏,稳定性差。人类通过农业生产活动可将森林景观转变为农业景观和居住景观^[2],农业生产活动不仅具有外部经济性,同样具有外部不经济性^[3],如过度开垦和乱砍滥伐导致森林生态系统退化,造成严重的水土流失乃

至土地荒漠化。农业生产活动对生态过程中的物质循环和能量流动也有重要影响,影响土壤水/养分、物理特性及土壤时空分布、侵蚀、植被覆被变化等景观格局和生态演变过程。当前景观格局演变的驱动机制研究尚不充分,缺乏成形的理论框架与系统的研究方法,探讨峰丛洼地脆弱生态系统背景下农业生产活动对景观格局的影响,并进一步摸清景观格局演变的内在驱动机制,有助于深化对人-地关系系统的深刻理解^[4]以及对生物多样性锐减、自然资源管理、生态环境治理、退化生态系统修复等问题的解决。本文主要通过野外实地考察及相关文献整理,对峰丛洼地中农业生产活动对原始景观中植被、土壤和表层岩溶水的影响,探讨了脆弱生态系统背景下的农业生产活动对峰丛洼地原始景观格局的影响及作用机理。

收稿日期: 2012-06-25; **修订日期:** 2012-09-30

基金项目: 贵州省科学技术基金项目(黔科合J字[2012]2294)、国家“十二五”科技支撑计划(2011BAC02B02、2011BAC09B01、2012BAJ25B09)、国家自然科学基金项目(41261038)、贵州省省长基金项目(黔省合字[2007]89)、贵州省科技攻关项目(黔科合SY[2010]3015)和贵州师范学院环境科学特色重点学科专项基金项目资助。

作者简介: 张军以(1985-),男,山东沂南县人,博士研究生,主要从事水文水资源、区域可持续发展与生态环境方面的研究。E-mail: hellojunyi@yeah.net

通讯作者: 王腊春,教授。E-mail: wang6312@263.net.cn

1 喀斯特区峰丛洼地研究概况

自 1973 年 LeGrand 在 *Science* 上发表了《Hydrological and Ecological Problems of Karst Regions》一文后,国外开始关注喀斯特区地面塌陷、森林退化、旱涝灾害、原生环境中的水质污染等生态环境问题^[5]。20 世纪 90 年代以后侧重于喀斯特生态环境脆弱性成因机理、喀斯特生态系统的碳循环及其对全球变化的响应等方面。随着喀斯特地区生态环境问题的日益严峻,中国对西南喀斯特地区生态环境问题的研究不断深化。如国家“十五”科技攻关计划重大项目“中国西部重点脆弱生态区综合治理技术与示范”中设有专门子课题“喀斯特峰丛山地生态综合治理技术与示范”,并已取得初步成果。由中国科学院亚热带农业生态研究所,国土资源部岩溶地质研究所,广西植物研究所等联合承担的“喀斯特峰丛洼地生态重建技术与示范”课题已经通过验收,并建立了环江县古周峰丛洼地生态重建示范区、肯福生态移民开发示范区、平果县果化峰丛洼地示范区,选择设计了两种峰丛洼地生态重建的相关模式^[5]。王克林研究员主持了科技部支撑课题“喀斯特峰丛洼地退化生态系统适应性修复技术与示范”等。此外,对喀斯特森林自然恢复过程中群落的数量特征和动态,喀斯特人为干扰区植被的演替规律与土壤质量变化等也不断深入^[6]。

当前对于喀斯特峰丛洼地国内学者多从微观视角进行研究,主要集中在森林群落多样性^[7]、森林群落格局^[6]、土壤养分^[8,9]、水分^[10,11]、汇流^[12]、有机质^[13-15]、土壤微生物^[16]等。喀斯特峰丛洼地地区农业生产活动与景观格局变化及功能演变关系方面的研究较少,且多与石漠化相关。如土地利用模式

与石漠化相互作用关系^[17],石漠化对景观格局的影响^[18]等,这些研究集中在地表植被系统变化过程及石漠化对土壤系统的影响等方面,对景观格局的分级评价,景观过程与生态过程及人类活动的相关性反映不够。但这些研究从不同的角度,剖析了景观演化对自然生态过程的影响,加深了对景观演化效应及异质性作用的了解程度。

2 喀斯特峰丛洼地农业生产活动的景观效应及机理

2.1 农业生产活动景观效应过程及机理

2.1.1 峰丛洼地农业生产的景观(农田)特征

喀斯特峰丛洼地地区洼地与洼地在空间格局上表现为相互独立,少有贯通型出现,原生态环境封闭,土壤剖面过渡层稳定性差,易受侵蚀,水位埋深较大,地形崎岖破碎,地表相对高差大,坡度陡,地表物质的稳定性差。农业生产活动以单个峰丛洼地为范围,一户或几户占据一个洼地,由于环境的封闭性和相对面积的限制,农业生产活动可对峰丛洼地的原始景观格局产生决定性影响。农田的分布一般以洼地的几何中心为圆心,水田、旱田、坡耕地和不能利用的峰丛中上部的原始植被下缘依次由内向外呈环带分布(图 1)。原始植被多集中于低山及地势更高的地貌部位且斑块面积相对较小;沿峰丛下部至上部,土壤盖度下降,但植被覆盖度增加。

2.1.2 峰丛洼地农业生产活动对景观演变的驱动及作用过程

喀斯特峰丛洼地景观格局的变化主要表现为植被覆被的变化,植被覆被变化是由植被-土壤-表层岩溶水循环系统的稳定性决定的,其中表层岩溶水循环及降水产流模式的稳定性至关重要。



图 1 峰丛洼地林-灌植被及耕地景观

Fig.1 The forest-shrub vegetation and cultivated landscape in peak-cluster depression

首先农业生产活动引起植被覆被的变化,植被覆被变化引起降水产流模式的变化,而降水产流模式改变使表层岩溶水循环稳定性遭到破坏,将加速生态环境逆转,使植被退化。以石灰岩山地为例,将会顺序出现常绿阔叶林(如青冈)石灰岩山地→常绿落叶阔叶混交林石灰岩山地→灌草丛石灰岩山地→草丛石灰岩山地→裸露半裸露石灰岩山地,即石漠化景观^[19]。峰丛洼地农田的环状分布和耕作导致的土壤层次性质的改变阻碍了表层岩溶水循环路径,使产于农田的径流,尤其是大部分壤中流及地下流在途经(农田)坡耕地时出露为地表径流,加上山坡陡峭且缺少了地表植被的截留及重力势能作用下,每次降水后坡耕地地表径流将显著增加,土壤侵蚀加剧。研究表明在自然状态下地面降水的90%迅速渗入地下,每年剥蚀表土层0.3 cm^[20],坡耕地对土壤的扰动大大降低了降水的入渗量和入渗速率,加剧了土壤的侵蚀。同时相关研究也表明森林覆盖下的表层岩溶带的水文动态比灌木林稳定,具有连续土壤覆盖的表层岩溶带具有较稳定的水文动态变化过程^[21]。

峰丛洼地相对高差大,坡陡,地表物质稳定性差。坡度越大,地表物质的不稳定性就越强,土壤越易受侵蚀而变薄^[22]。由于坡耕地的阻断及相对高差提供的势能,土壤的稳定性更差,涵养水源能力几乎消失。峰丛流失的土壤,在岩体裂隙、漏斗、落水洞流失的前提下,不断在洼地沉积,洼地农田趋向肥沃,峰丛因土壤流失而贫瘠化,土壤覆盖度迅速下降(表1),农民为获得更多的土地满足生产需要,沿峰丛下部向上开垦新的土地或转移到未开发的峰丛洼地,最终耕地多集中于洼地底部,峰丛由于原生植被及土壤覆盖的变化,使产流模式及表层岩溶水循环路径发生改变,进而影响到植被-土壤-表层岩溶水循环系统的稳定性,造成峰丛植被退化,甚至石漠化。

农田的同心圆式环状分布对喀斯特峰丛洼地植被及表层岩溶水文循环具有重要的影响。首先,植被生长过度依赖于生境条件,反之生态环境的良性演化依赖于植被的恢复^[23]。此外,碳酸盐岩本身富钙偏碱,对植物种类有强烈的选择性,植被破坏后极难恢复。农业生产活动对原生境的影响强烈,峰丛部位的农田开垦,完全破坏了原生植被,造成土壤肥力下降,只种不养的耕作方式,最终导致峰丛部位土地的石漠化。其次,对于表层

表1 峰丛洼地不同部位土壤-植被空间分布格局及利用方式

Table 1 The soil-vegetation spatial distribution pattern and way of use in different parts of peak cluster-depressions

调查地点	坡度	地貌部位	土壤盖度	土地利用类型
凌云县四渡				
样点1	4°	洼地	100%	水田
样点2	15°	峰丛基座斜坡	75%	旱坡地
样点3	25°	峰丛基座陡坡	55%	林地(竹林群落)
样点4	37°	峰丛锥峰急斜坡	30%	林地(灌丛群落)
样点5	63°	峰丛锥峰急斜坡	20%	林地(灌草景观)
荔波县凉水井				
样点1	3°	洼地	100%	水田
样点2	10°	峰丛基座斜坡	80%	水田
样点3	20°	峰丛基座斜坡	30%	林地(森林群落)
样点4	35°	峰丛锥峰急斜坡	15%	林地(森林群落)
样点5	55°	峰丛锥峰急斜坡	6%	林地(森林群落)
样点6		峰丛顶部	3%	林地(森林群落)

注:据参考文献[17]整理。

岩溶水文循环,农业生产活动首先破坏了原生植被,进而影响到降水下渗及产流、表层岩溶水的循环路径,阻碍了峰丛植被作为一个涵养源与土壤、地下表层岩溶水及洼地之间的水分循环过程,导致水分循环的整体性被破坏,表层岩溶水循环系统趋于分散化或随机化,稳定性和自身调节能力减弱,受干扰易造成地表植被缺水乃至退化及生物多样性减少,系统功能和结构趋于简单化,稳定性变差,脆弱性增强。此外,在景观水平上,随着人类活动强度的降低,样带景观的破碎化程度降低^[24]。在景观格局变化上遵循植被类型组成从优势高大乔木向典型灌丛林退化,并随着环境水分的缺失加剧向旱生化演替;植被景观依次表现为次生乔林-乔灌林-灌木林-藤刺灌丛-稀灌草坡-草坡-稀疏灌草丛。但在优越的气候条件下仍保持较高的物种多样性,退化过程中群落的高度和盖度随环境退化降低显著,形成稀疏植被覆盖的荒漠景观乃至石漠化^[25]。高强度的农业生产活动造成生境斑块破碎度增加,斑块破碎与分离的加大及关键类型比例的降低,使生态系统服务价值有所减少^[26]。

2.2 农业生产活动的景观效应机理

喀斯特峰丛洼地生态脆弱地区,原生植被的空间分布格局往往直接影响着本区域土壤生产力的高低和生态环境演化的途径及方向。地表植被参与到岩石风化、土壤形成、土壤堆积与水分再分

配过程,喀斯特生态系统表现出对植被的强烈依赖性^[27],植被参与到喀斯特土壤形成和水分再分配过程中,不同程度的植被损失都将破坏喀斯特生态系统的平衡^[17]。在宏观大尺度范围内,岩性地貌组合与景观格局间存在着必然联系^[28],在微观尺度上,峰丛洼地中人类活动对景观格局的构建起着决定性作用,使景观趋于破碎化,景观多样性增加,表明景观斑块的异质性镶嵌是基底生态环境背景与农业生产活动综合叠加的结果。

2.2.1 植被系统的响应过程

喀斯特峰丛洼地系统中,地貌地形在一定程度上决定了原始土壤的空间分布,土壤的分布与峰丛洼地表层岩溶水循环系统密切相关。峰丛洼地原生境中的土壤分布与表层岩溶水循环的空间异质性决定了地表植被群落的分布格局。植被作为喀斯特景观系统的稳定器,其生长速度慢,生物生产力比全国其他湿润亚热带地区明显偏低^[29],系统的物质能量转换途径脆弱,植被的景观格局稳定性差,对外界变化的适应能力弱,易受干扰。此外,植被与生境土壤分布及表层岩溶水循环系统在漫长的发展过程中形成了一个动态稳定系统,即植被系统维持土壤-表层岩溶水循环系统趋于稳定状态,并使植被系统向演替的顶级常绿落叶阔叶混交林发展。在外界干扰下,原生态系统的平衡失去平衡,系统的结构和功能发生变化并形成路径障碍,造成破坏性波动或恶性循环而导致系统的退化^[30],呈现出植物恢复生长缓慢,植被结构趋于简化,草本、灌丛比例增加,植物初级生产力下降,水源涵养和固土功能退化。农业生产活动首先促使作为系统稳定关键要素的植被系统发生了急剧改变,钙生性环境对植被生长的选择限制作用强^[31],又放大了该影响。农业生产活动使景观由植被极速转化为农田,土壤裸露流失加剧,肥力下降,植被沿峰丛向上退化,最终仅分布于峰丛顶部等局部范围内且生态功能较低,使景观走向以石漠化为特征的演化趋势。

2.2.2 土壤系统的响应过程

喀斯特地区碳酸盐岩广布,在湿热气候条件下,水的化学溶蚀力增强,茂盛的植物通过根部分解出酸促进了化学溶蚀作用,丰沛的降水增强了地下水的循环,使碳酸盐岩岩层受到溶蚀和侵蚀,为土壤形成发育提供了物质基础和环境条件^[32]。受基岩特性的影响,喀斯特地区成土速率极低,形

成1 cm厚的土壤约需2 000~3 000 a以上,是其他类型母岩成土时间的10倍^[20],且与植被相互依存。喀斯特适生植被主要是耐瘠嗜钙的岩生性植物群落,如旱生性的草灌丛、多藤本或林灌丛等,叶片革质化明显,群落结构相对简单,群落的正向演替速率慢且易受干扰中断。植被一旦遭到破坏易发生逆向演替,且速率远大于顺向演替,使土壤侵蚀速度加快^[32,33],植被作为喀斯特峰丛土壤系统稳定的关键,土壤覆盖变化在有植被覆被的情况下相对稳定。相反,土壤侵蚀致使植物受到频繁的环境胁迫,导致植物生长不良或干旱死亡。植被遭到破坏后土壤侵蚀加速,植被恢复及顺向演替极难^[34,35],土壤的存在是植被恢复的基础,植被覆被是土壤覆盖稳定的保障,相互依存制约。植被覆被对土壤抵御短期强降水的侵蚀效果明显,如原始草坡土壤平均侵蚀量仅为耕地土壤平均侵蚀量的1/15左右^[36]。喀斯特土壤-植被系统的景观主要可以分为3种类型:一是水土匹配条件极差、坡度较大、土被薄不适耕种且缺少植被覆被的天然裸露地。二是水土匹配条件适中的望天田。三是有植被覆被的天然森林(灌丛)或稀树/灌丛草被等。喀斯特土壤生成速率极慢且与土壤理化性质关系密切,相关研究表明土壤有机碳是土壤CO₂的主要来源,土壤CO₂为岩溶泉中HCO₃⁻不容忽视的重要来源,因而土壤有机质对岩溶作用具有明显的促进作用^[37,38];失去土壤覆盖的碳酸盐岩岩溶作用较弱,成土速率更慢,植被难以生存。农业生产活动使土壤理化性质发生改变,造成土壤的不稳定。研究表明土壤粘结力是形成土壤稳定结构的根本,土壤粘结力增大有利于系统的稳定;其次是土壤湿度,土壤湿度通过影响土壤粘结力而影响地表生态系统的稳定性^[39]。农业生产活动使原生植被消失,加速了土壤质量的恶化。同时研究也表明,植物多样性增加,土壤质量得到一定恢复,生态系统朝着良性循环方向发展,封山育林措施后,林下植被层和群落多样性得到恢复,林地土壤质量也得到了较快恢复^[40]。此外,农业生产活动形成的景观格局对矿物元素或物质迁移、土壤养分的动态稳定具有一定的影响。已有研究表明,土地覆被由草地变为林地、旱地变为林地、旱地变为水田时,土壤总体养分增多^[41]。土壤对农业生产的响应一般按照垦荒→植被→土壤理化性质→土壤水文循环→土壤侵蚀流失→石漠化的路径。

2.2.3 表层岩溶水系统的响应过程

喀斯特表层岩溶带是地表和地下各种岩溶形态构成的不规则的,呈带状分布的岩溶化层,其发育主要由高温高湿下强烈岩溶溶蚀作用及岩石表面的水-岩- CO_2 (气)三相的不平衡状态决定的^[42]。在中亚热带的贵州高原地区,表层岩溶带的厚度一般在2 m左右,不同的地貌部位其发育程度不同,地形相对平缓的地段,如峰丛区洼地均是发育较好的部位^[43],而地势陡峭的区域发育程度较差,厚度小且脆弱性强,极易受到农业生产活动的破坏。表层岩溶带的裂隙率高,降水可直接渗入岩溶化层内,其产流模式主要是超渗产流及地下产流,且具有侧向渗透性,持水性差的特点。峰丛洼地区地势陡峭,表层岩溶带发育程度低,厚度小,农业耕作使植被消失且加速土壤在溶痕、溶孔、溶隙等空隙内的流失及填充作用,使表层土壤减少,影响到土壤的储水能力及表层岩溶水的垂向循环路径。同时研究表明,森林覆盖度与表层岩溶泉的降水入渗系数之间存在显著正相关,森林覆盖度10%左右的六盘水石山区降水入渗系数只有0.36,远低于广西弄拉地区(森林覆盖度75%左右)的0.88^[44]。农业生产活动破坏植被及土壤在溶隙/孔、裂隙等的垂向流失及填充,严重影响了降水在表层岩溶水循环系统的垂直向运动。峰丛坡度大,农业生产活动使植被消失后,林下潮湿的枯枝落叶层缺失及土壤层变薄,遇到较大降水易造成洼地洪涝及早季的干旱,造成表层岩溶水循环系统的不稳定甚至消失,使表层岩溶带的蓄水及调蓄地下水的的功能下降,造成表层岩溶水循环和下部管道水循环及植被蒸腾的耦合平衡受到破坏,导致植被景观退化及多样性下降。总之,农业生产活动破坏植被后,下垫面性质发生明显变化,在降水发生后,下垫面对降水的再分配过程发生改变,供水与下渗的矛盾对比结构发生根本改变,使小区域产流模式发生剧变,进而影响到表层岩溶水循环系统的运行机制(图2)。

3 峰丛洼地景观系统动态响应过程

景观格局的形成及变化反映了景观生态过程的差异性变化,同时景观格局的差异性又在一定程度上影响着景观演化及生态功能的强度。从某一角度讲,景观格局是各种生态演变过程中矛盾对比的外在表现。生态过程的复杂性和抽象性,

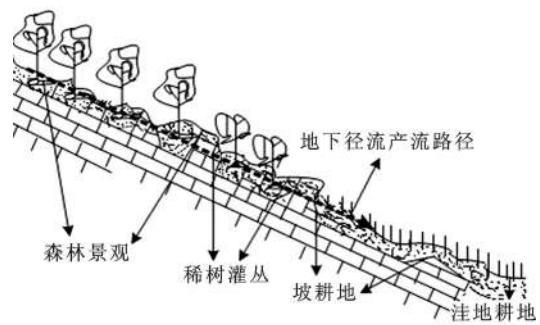


图2 峰丛洼地植被分布及径流模式

Fig.2 The vegetation distribution and run-off patterns in peak-cluster depression

决定了其自身很难被定量化研究,增加了其不确定性。景观格局与生态过程的关系,往往是一个相互作用的关系。

3.1 峰丛洼地景观系统动态变化原因

一般情况下不同的生态过程会与不同性质的景观要素发生特定的联系,存在明显的指向性。峰丛洼地发育的早期阶段是石灰岩、灰质白云岩等岩体长期在散/暴流、漏陷等强烈作用下的结果^[45],而土地利用可使土壤理化性质发生一系列的变化,从而影响到岩溶作用的方向和强度^[37]。农业生产活动是一个扩散干扰源,耕作使地表-地下水过渡带下移甚至阻断过渡带,使地下水位下降,影响地表植被生长,导致生境破碎化、植被类型减少。同时使农业景观中动植物多样性发生变化^[41]。此外,人类活动强度、人口数量等因素对生态景观形状复杂程度及景观斑块密度均具有重要影响作用^[46]。总体上讲,人类对喀斯特生态景观系统的作用主要基于4种效应:干扰效应,阻断效应,累积效应和破碎效应^[47]。在存在农业生产活动的峰丛洼地中,由于峰丛洼地自身面积较小,景观格局演变的决定性因素往往是人类活动(农业生产活动),人类活动决定了景观格局的发展方向。如在不存在农业生产的峰丛洼地中,峰丛中下部一般是植被覆盖最好的区域,因为喀斯特峰丛洼地区降水相对丰富,在峰丛坡底覆被土壤下部一般是不透水的碳酸盐基岩,土壤层相对较薄遇到降水时极易在土壤底部与碳酸盐基岩面上部形成地下/壤中径流,地下/壤中径流沿碳酸盐基岩表面在重力势能的作用下汇流到峰丛坡底,同时溶于水的各类营养元素也随地下/壤中流在坡底汇集,使坡底生境相对优越,利于植被生长发育。植被的稳定对喀

斯特峰丛洼地水文循环的稳定具有重要作用。研究表明在喀斯特流域中,当流域土地利用/覆被产生了变化,将导致流域的蒸散发、截留、下渗等特性发生变化,改变了流域产汇流过程^[48],进一步影响到景观格局的变化。

峰丛洼地中农业生产活动首先破坏峰丛坡底的植被,峰丛坡底土壤不断流失,土被薄化,产生于峰丛坡底的地下/壤中径流在坡底出露为地表径流,阻碍了峰丛洼地的土壤水循环路径。由于失去坡底含水土壤的顶托作用,峰丛坡地土壤失水加快,涵养水源能力下降,原有植被因干旱缺水退化沿山坡向后退却,原始植被景观斑块面积不断缩小,农田景观不断扩大,在缺乏有效保护措施(如植被、梯坎、鱼鳞坑等)的情况下,坡耕地水土流失加速,景观开始向石漠化方向演进。在干扰强度趋于稳定的状态下,表层岩溶水循环系统重新达到平衡,在洼地与峰丛中上部植被之间形成宽度不一的缓冲过渡带,植被-土壤系统水循环的覆盖范围缩小。若干扰强度增大,植被-土壤系统水循环的覆盖区域进一步缩小,当缩小到一定面积,超过其生态阈值时,将不足以形成完整的植被-土壤系统的水循环,造成植被缺水、退化、斑块发生异质性改变,植被系统逐渐沿着负演替方向动态变化,出现石漠化。在以上过程演变中,农业生产活动往往作为一个诱导因子。农民为扩展生存空间,不断开垦耕地破坏植被,易陷入“贫困-掠夺式开发-环境恶化-更加贫困”的怪圈^[30]。农业生产景观(农田)的产生,使斑块数量增加,而减少了生物物种内部生境的面积,相应增加了开放边缘的容量^[49],而稳定性下降。对秦巴山地农业景观空间格局及其动态变化的研究均表明,水资源、地形等自然环境因素对景观空间格局动态有一定的影响^[50]。峰丛洼地的农业生产活动,使景观格局朝向以耕地斑块扩大,植被斑块缩小,均质性下降,甚至耕地石漠化的负向动态演化路径演进。

3.2 峰丛洼地景观系统响应过程

景观研究中,格局与过程是相互联系的客观存在,其二者之间存在多种多样的相互作用/影响关系。农业生产带(坡耕地带)存在一定屏障阻碍作用,弱化了地表系统物质(如水分)循环过程,使峰丛洼地生态系统大致沿着原生森林植被→藤刺灌丛或草被→石漠化路径演替,景观格局的动态

变化速率及变化幅度,远大于自然状态下的景观格局的演替速率。景观格局及功能的改变与系统中的物质循环、生物、生境、人类干扰等诸多因子关系密切。从某种意义上讲,峰丛洼地中景观格局动态及功能变化对农业生产活动的响应主要表现在以下几个方面:① 景观组合多样化。农业生产活动的进入使原始景观的基质发生变化,农业生产带自身作为一个异质景观单元进入到自然原始景观系统中,势必将导致原始景观系统中部分景观斑块的消失或面积减小,增加了景观斑块的破碎度及多样化,造成景观整体稳定性弱化;② 景观系统性降低。峰丛洼地在自然状态下,峰丛与洼地景观之间通过一定的物质流、能量流保持着景观系统的整体性与完整性。农业生产带,尤其是环状农业生产带使洼地和峰丛在物质、能量循环过程中路径完整性受到全面的削弱,循环联系路径受阻,演变失去协同性,演化方向趋于复杂多样化,异质性不断提高,景观系统性降低;③ 景观稳定性下降。景观系统要保持稳定,必须具有自身相对完善的物质、能量循环结构,这主要表现在景观系统的抗逆性必须要求以一定的面积为基础。一般情况下,景观斑块面积越大,稳定性越强;景观破碎度越高,景观的稳定性越差,其抗逆能力越弱,越易受到外界干扰而发生异化;④ 景观均质性减弱。农业生产带使峰丛坡地水文循环等受到破坏,原始景观易受相邻景观的入侵使均质性下降,景观斑块缩小甚至被优势景观取代。景观之间的廊道变窄以致消失,最终使景观呈现独立的无序分布,面积不断变小乃至消失。

4 峰丛洼地农业生产活动景观效应结论及研究展望

峰丛洼地区农业生产活动产生的耕地-植被交错过渡带,脆弱性强,水土流失及土壤侵蚀严重,易造成植被退化消失,在缺乏保护措施的情况下造成石漠化的产生,农业生产活动主要是通过原始植被的破坏阻断了峰丛洼地表层岩溶水循环路径及改变了表层岩溶带的产流模式造成的,最终导致峰丛洼地地表植被系统的稳定性弱化,损坏了景观的系统性,造成景观破碎化,稳定性下降,景观出现逆向演替甚至石漠化,最终造成生态环境恶化。目前喀斯特峰丛洼地的研究多集中在土地利用结构与土壤水分、养分、水土流失及生态

退化中植被群落多样性等方面。针对植被、下垫面变化对表层岩溶水调蓄能力及循环路径的影响机理作用如何?程度如何?表层岩溶水的稳定对各类景观及环境整体稳定性的影响作用及程度如何?这些问题都有待于进一步深入研究。以上问题的解决,是有效实现喀斯特峰丛洼地区开发及生态修复、表层岩溶水利用及生态环境保护的基础。掌握农业生产活动变化对生态景观格局演化的驱动耦合机制,系统探讨喀斯特峰丛洼地生态系统的维持、适应性、退化与恢复机理及其影响因素,生态退化过程中生物与环境、人类活动、物质循环协同及生态系统退化阈值、生态修复的方向和措施等,对有针对性的预防及恢复峰丛洼地区生态环境,构建人类活动与喀斯特峰丛洼地系统生态环境变化的耦合机制框架提供基础铺垫,为西南喀斯特地区的生态环境的生态保护重建提供理论支持。

参考文献:

- [1] 邓新辉,吴孔运,蒋忠诚,等.西南喀斯特峰丛洼地生态环境效应及其危害[J].广西农业科学,2009,40(7): 857~863.
- [2] 付梅臣,胡振琪,吴淦国,等.农田景观格局演变规律分析[J].农业工程学报,2005,21(6):54~58.
- [3] 吕 耀,章予舒.农业外部性识别、评价及其内部化[J].地理科学进展,2007,26(1):123~132.
- [4] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶.关于景观格局演变研究的几个问题[J].地理科学,2003,23(3):264~270.
- [5] 吴秀芹,蔡运龙.中国亚热带喀斯特生态环境演变研究进展[J].自然科学进展,2006,16(3):267~272.
- [6] 宋同清,彭晚霞,曾馥平,等.论喀斯特峰丛洼地森林群落空间格局及环境解释[J].植物生态学报,2010,34(3):298~308.
- [7] 宋同清,彭晚霞,曾馥平,等.喀斯特峰丛洼地不同类型森林群落的组成与生物多样性特征[J].生物多样性,2010,18(4):355~364.
- [8] 刘淑娟,张 伟,王克林,等.桂西北喀斯特峰丛洼地表层土壤养分时空分异特征[J].生态学报,2011,31(11):3036~3043.
- [9] 张 伟,陈洪松,王克林,等.喀斯特峰丛洼地土壤养分空间分异特征及影响因子分析[J].中国农业科学,2006,39(9):1828~1835.
- [10] 彭晚霞,宋同清,曾馥平,等.喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子[J].生态学报,2010,30(24):6787~6797.
- [11] 张继光,陈洪松,苏以荣,等.喀斯特峰丛洼地坡面土壤水分空间变异研究[J].农业工程学报,2006,22(8):54~58.
- [12] 梁 红,杨明德.喀斯特流域水文地貌系统汇流分析——以喀斯特峰丛洼地谷地流域为例[J].中国岩溶,1995,14(2):186~193.
- [13] 宋同清,彭晚霞,曾馥平,等.喀斯特峰丛洼地退耕还林还草的土壤生态效应[J].土壤学报,2011,48(6):1219~1226.
- [14] 王克林,苏以荣,曾馥平,等.西南喀斯特典型生态系统土壤特征与植被适应性恢复研究[J].农业现代化研究,2008,29(6):641~645.
- [15] 欧阳资文,彭晚霞,宋同清,等.喀斯特峰丛洼地土壤有机质的空间变化及其对干扰的响应[J].应用生态学报,2009,20(6):1329~1336.
- [16] 何寻阳,苏以荣,梁月明,等.喀斯特峰丛洼地不同退耕模式土壤微生物多样性[J].应用生态学报,2010,21(2):317~324.
- [17] 但文红,张 聪,宋 江,等.峰丛洼地石漠化景观演化与土地利用模式[J].地理研究,2009,28(6):1615~1624.
- [18] 李阳兵,王世杰,容 丽.不同石漠化程度岩溶峰丛洼地系统景观格局的比较[J].地理研究,2005,24(3):371~378.
- [19] 苏维词,朱文孝.贵州喀斯特山区生态环境脆弱性分析[J].山地学报,2000,18(5):429~434.
- [20] 彭晚霞,王克林,宋同清,等.喀斯特脆弱生态系统复合退化控制与重建模式[J].生态学报,2008,28(2):811~820.
- [21] 姜光辉,郭 芳.我国西南岩溶区表层岩溶带的水文动态分析[J].水文地质工程地质,2009,(5):89~93.
- [22] 李瑞玲,王世杰,熊康宁,等.贵州省岩溶地区坡度与土地石漠化空间相关分析[J].水土保持通报,2006,26(4):82~86.
- [23] 李阳兵,王世杰,谢德体,等.西南岩溶山区景观生态特征与景观生态建设[J].生态环境,2004,13(4):702~706.
- [24] 张笑楠,王克林,张明阳.人类活动影响下喀斯特区域景观格局梯度分析[J].长江流域资源与环境,2009,18(12):1187~1192.
- [25] 王德炉,朱守谦,黄宝龙.贵州喀斯特区石漠化过程中植被特征的变化[J].南京林业大学学报,2003,27(3):26~30.
- [26] 张明阳,王克林,刘会玉,等.桂西北典型喀斯特区生态系统服务价值对景观格局变化的响应[J].应用生态学报,2010,21(5):1174~1179.
- [27] 潘根兴,曹建华.表层带岩溶作用:以土壤为媒介的地球表层生态系统过程——以桂林峰丛洼地岩溶系统为例[J].中国岩溶,1999,18(4):287~296.
- [28] 邵景安,李阳兵,王世杰,等.岩溶山区不同岩性和地貌类型下景观斑块分布与多样性分析[J].自然资源学报,2007,22(3):478~485.
- [29] 苏维词.贵州喀斯特山区生态环境脆弱性及其生态整治[J].中国环境科学,2000,20(6):547~551.
- [30] 邵景安,李阳兵.西南岩溶山地乡村景观格局与石漠化调控展望[J].地理科学进展,2008,27(1):25~31.
- [31] 苏维词,杨 华,李 晴,等.我国西南喀斯特山区土地石漠化成因及防治[J].土壤通报,2006,37(3):447~451.
- [32] 何永彬,张信宝,文安邦.西南喀斯特山地的土壤侵蚀研究探讨[J].生态环境学报,2009,18(6):2393~2398.
- [33] 姚 智,张 朴,刘爱明.喀斯特区域地貌与原始森林关系的讨论——以贵州荔波茂兰、望谟、麻山为例[J].贵州地质,2002,19(2):99~102.
- [34] 刘 方,王世杰,刘元生,等.喀斯特石漠化过程土壤质量变化及生态环境影响评价[J].生态学报,2005,25(3):639~644.
- [35] 龙 健,江新荣,邓启琼,等.贵州喀斯特地区土壤石漠化的本质特征研究[J].土壤学报,2005,42(3):419~427.
- [36] 张素红,李 森,李红兵,等.粤北石漠化地区土壤侵蚀初步研究[J].中国岩溶,2006,25(4):280~284.
- [37] 章 程,谢运球,吕 勇,等.不同土地利用方式对岩溶作用的影响——以广西弄拉峰丛洼地岩溶系统为例[J].地理学报,2006,61(11):1181~1188.
- [38] 潘根兴,孙玉华,滕永忠,等.湿润亚热带峰丛洼地岩溶土壤系

- 统中碳分布及其转移[J].应用生态学报,2000,11(1):69~72.
- [39] 苏维词.喀斯特流域生态系统稳定性结构模型初探[J].贵州科学,2002,30(1):14~20.
- [40] 龙 健,李 娟,江新荣,等.喀斯特石漠化地区不同恢复和重建措施对土壤质量的影响[J].应用生态学报,2006,17(4):615~619.
- [41] 张保华,谷艳芳,丁圣彦,等.农业景观格局演变及其生态效应研究进展[J].地理科学进展,2007,26(1):114~122.
- [42] 覃小群,蒋忠诚.表层岩溶带及其水循环的研究进展与发展方向[J].中国岩溶,2005,24(3):250~254.
- [43] 蒋忠诚.中国南方表层岩溶带的特征及形成机理[J].热带地理,1998,18(4):322~326.
- [44] 陈植华,陈 刚,靖娟利,等.西南岩溶石山表层带岩溶水资源调蓄能力初步评价[C]//中国岩溶地下水与石漠化研究.南宁:广西科学技术出版社,2003,148~154.
- [45] 徐 雁.珠江流域岩溶山区峰丛洼地水土保持策略[J].人民珠江,2001,(5):21~23.
- [46] 张笑楠,王克林,张明阳.人类活动影响下喀斯特区域景观格局梯度分析[J].长江流域资源与环境,2009,18(12):1187~1192.
- [47] 张军以,苏维词,苏 凯.喀斯特地区土地石漠化风险及评价指标体系[J].水土保持通报,2011,31(2):172~176.
- [48] 蒙海花,王腊春.岩溶地区土地利用变化的水文响应研究——以贵州后寨河流域为例[J].中国岩溶,2009,28(3):227~234.
- [49] 肖笃宁,李秀珍,高 峻,等.景观生态学[M].北京:科学出版社,2003.
- [50] 张艳芳,任志远.陕西秦巴山地农业景观空间格局与动态研究——以柞水县下梁镇为例[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2000,28(4):115~119.

Agricultural Production Activities Effect on the Ecological Landscape in Peak-cluster Depression of Karst Mountainous Areas, Southwestern China

ZHANG Jun-yi^{1,2}, WANG La-chun¹, SU Wei-ci^{3,4}

(1. School of Geographic & Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China;

2. Institute of Environment, Resources and Disaster, Guizhou Normal College, Guiyang, Guizhou 550018, China;

3. Geography and Tourism Department, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;

4. Institute of Mountain Resource, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: Because of the special terrain features in Karst peak and cluster depression of Karst mountainous areas, matter and energy cycle and natural environment are close. This also led to a vulnerable ecological environment in this area. In addition, it is an underdeveloped area in economy; livelihood mainly relies on traditional planting in the rural, so the agricultural production activities have an important influence on the regional ecological environment and landscape. Thus, Discussions on the agricultural production activities and its ecological effect will helps to reveal the effect of agricultural production activities acts on regional ecological environment and landscape. Further, the discussions will helps to ecological environment recover in Karst peak and cluster depression areas. This article aims to reveal the effect of agricultural production activities acts on landscape pattern in Karst peak and cluster depression areas. In order to achieve this goal, the effects of agricultural production activities influence of hydrological system, vegetation system, and soil system in Karst peak cluster depression system were studied, by means of field investigation and relevant literature sorting. The results show that in karst peak cluster depression area, the relationship between agricultural production activities and landscape change is obvious. The mechanism of agricultural production activities acts on landscape pattern mainly through blocked epikarst water cycle path by the means of original vegetation destruction changed the surface karst water cycle paths and the epikarst runoff model. These eventually lead to stability loosening of the peak cluster depression vegetation system, and systematic destruction of landscape. More ever, these will lead to the fragmentation of landscape, decreasing the heterogeneity and stability of landscape, causing the landscape reverse succession and even rocky desertification.

Key words: peak-cluster depression; agricultural activitis; landscape pattern