

基于农户—生态经济模型的耕地石漠化 人文成因研究 ——以重庆市南川区为例

苗建青^{1,2}, 谢世友², 袁道先², 蒋勇军²

(1. 西南大学经济管理学院, 重庆 400715; 2. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715)

摘要: 石漠化已成为威胁人类生存的三大生态灾害之一, 对其成功治理有赖于人文成因的解明。西南地区石漠化的人类活动驱动力就是作用于自家承包地之上的农户经济行为。以重庆市南川地区为例采用实地测量和问卷调查相结合的方法采集了自然—人文组合式样品, 建立了一个农户—生态经济模型。结果表明人地矛盾并没有想象的那样明显地推动了生态环境的恶化, 而是农户对土地的依赖要比对土地的负荷产生的环境影响更大; 在土地格局已经固定了的情况下贫困农户更加依赖土地, 更会采用可持续的土地利用方式, 因而其承包地的石漠化率反而偏低, 颠覆了前人认为的贫穷是导致石漠化发生原因的观点; 石漠化形成的表层原因是外出务工的离心力造成农户对土地的依赖程度的降低, 而更深层次的原因是土地产权制度的不完善造成的土地对农户吸引力的减弱。

关键词: 石漠化率; 农户经济行为; 农户—生态经济模型; STIRPAT 模型; 土地依赖

文章编号: 1000-0585(2012)06-0967-13

1 引言

我国西南地区石漠化的扩大趋势仍未得到有效的遏制, 农业的可持续发展依然受到严峻的挑战。石漠化原名“石山化”, 是指在热带、亚热带湿润、半湿润气候条件和岩溶极其发育的自然背景下, 受人为活动干扰, 使地表植被遭受破坏, 造成土壤严重侵蚀, 基岩大面积裸露, 土地退化的极端表现形式^[1]。石漠化已与西北部的沙漠化和黄土高原的水土流失并列为我国的三大生态灾害^[2]。截至 2005 年底, 石漠化土地总面积已达 12.96 万 km², 占国土面积的 12.1%, 占岩溶土地面积的 28.7%^[3], 并且以年均 2% 左右的速度在不断扩大^[4], 涉及地区有广西、贵州、云南、重庆等西南 8 个省市。

石漠化的成因分为“自然”和“人文”两大部分, 其中自然因素约占 26%, 人文因素约占 74%^[3], 而且两者错综交替, 纷繁复杂。对于石漠化的人文成因大批文献分别从自然学科和人文学科的角度展开了研究, 这些研究的共同特点是偏重于人类活动的宏观尺度, 而作为石漠化的重要微观驱动因素的农户经济行为却被普遍忽视。自然学科的研究多

收稿日期: 2011-04-12; 修订日期: 2012-02-06

基金项目: 国家科技支撑计划 (2006BAC01A16); 重庆市自然科学基金重点项目 (CSTC2009BA0002); 西南大学岩溶动力学重点实验室开放基金 (250-411112)

作者简介: 苗建青 (1964-), 男, 经济学副教授, 硕士生导师, 地质矿产高级工程师, 理学博士。主要从事石漠化治理与生态脆弱区经济发展模式研究。E-mail: miaojq@swu.edu.cn

通讯作者: 袁道先 (1933-), 男, 中国科学院院士, 教授, 博士生导师, 主要从事岩溶环境学研究。

侧重于岩溶生态环境系统的结构和功能的变化,但是有一个致命的缺陷,就是涉及到人类的经济活动时没有自己的研究范式,往往只是参阅各种统计年鉴的一些统计数据来代替人类活动,如收入水平、人均 GDP、人口密度等,但是这些统计数据往往受行政区划限制,难以深入到农户的层次;人文学科的研究多侧重于生态环境问题的经济因素分析,但是也有一个致命的缺陷,就是没有独立的环境变化的测试手段,往往利用环境部门的检测数据,如利用河流淤积量来替代水土流失量,而这些数据都是较大尺度的指标,难以与微观尺度的农户经济行为相对应。

为此,本研究创造性地采用实地测量和问卷调查相结合的方法采集了环境—农户组合式样本,获得了丰富的农户尺度的横截面数据,建立了一个农户—生态经济模型,重点从农户经济行为的角度定量分析了人文因素在石漠化形成中的微观机制,以期对今后的石漠化治理和生态恢复的政策制定以及相关的制度改进提供有意的借鉴。

研究区选定为重庆市南川区中部的南平镇—南川区—水江镇三个串连的槽谷(图1)。槽谷为北东南西向,位于 $106^{\circ}53' \sim 107^{\circ}23' \text{E}$ 、 $28^{\circ}52' \sim 29^{\circ}23' \text{N}$ 范围内;槽谷宽度为 $2 \sim 10 \text{km}$,长度约 45km ,幅员面积约 600km^2 ,海拔高度为 $450 \sim 850 \text{m}$;研究区属亚热带湿润季风气候区,雨热同期,气温 $5.9 \sim 26.6^{\circ}\text{C}$,平均 16.5°C ,极端最高气温近 40°C ,年平均降雨量 1155.5mm ^[5];槽谷北缘出露侏罗系中下统自流井群石英砂岩,槽谷南缘出露二叠系下统梁山组泥岩。槽谷边坡和中部下伏基岩主要为三叠系中统雷口坡组、三叠系下统的嘉陵江组和飞仙关组的白云岩和灰岩^①;槽谷中部多为平坝,发育厚层第四系土壤,主要为种植水稻和小麦的农田。槽谷边坡上覆第四系黄色土壤,厚度一般为 $0 \sim 1 \text{m}$,主要为种植玉米和甘薯的坡耕地,也是石漠化的主要发生地(图2、图3)。

研究区的选取理由为,其地貌特征在重庆市具有一定的典型性;槽谷内农业人口相对集中,人类活动具有相对的独立性;研究区石漠化程度以中度为主^[6,7],不属于石漠化极端区域,数据具有一定的代表性。截至2008年底,南川区农业人口54.4万人,占南川区总人口82.3%,人口密度 $254 \text{人}/\text{km}^2$ 。第一、二、三产业的产值占GDP比重约为 $2:5:3$ 。农村人均年纯收入4562元,为南川区城镇职工年均工资的21.0%^②,显然南川区的人地系统类型属于岩溶山地贫困区^[8]。

研究的关键是石漠化程度的测量和农户经济行为数据的收集,需要借鉴农户地理学和农户经济学的理论和方法。本研究以槽谷边坡耕地为抽样对象,进行自然—人文组合式取样(Combined biological and economic sampling, CBES),这是探索性试偿,目的是找到人类活动作用于自然的契合点。第一步,在数字地形图上的坡耕地范围内画出代表地表边长 100m 的地块方格,并给每个方格编号,利用电脑生成随机数表进行抽样;第二步,利用GPS和地形图对抽中地块进行实地测量。在抽中地块任选 10m^2 的范围测量岩石裸露面积比率,将此作为被解释变量—石漠化率。石漠化率数据为连续变量,范围为 $0 \sim 100\%$;第三步,测量周边地理环境,如坡度和岩石破碎度等。岩石破碎度是任选一块出露的岩石测量其 1m^2 范围的裂隙密度;第四步,对该地块所属的承包农户进行结构式问卷调查(Structured interview),收集既往一年期内的农户经济资料作为解释变量。为保证样本充分代表总体,若该地块农户不在家,改日再去,如最终见不到该农户则该样品作废,不作

①四川省地质局南江水文地质大队. 区域水文地质普查报告—南川幅. 1978. 12~13.

②重庆市南川区统计局. 南川统计年鉴. 2009. 29.

补充。本研究于 2009 年 6~8 月共采集 270 个样品，作废 8 个样品，有效率约 98%。

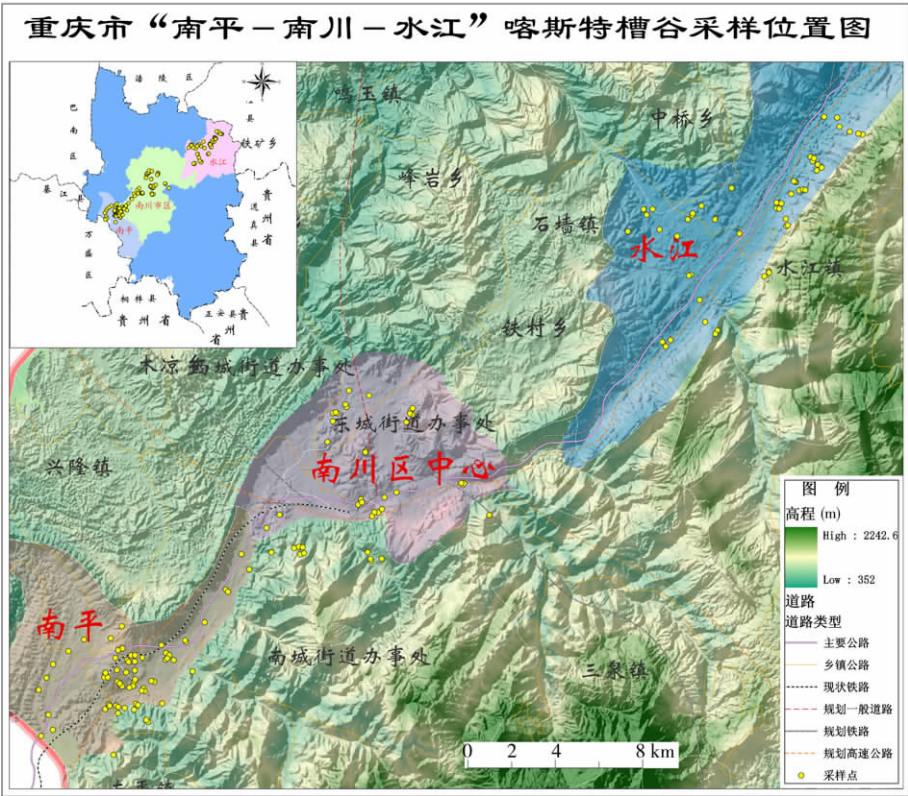


图 1 采样点位置图

Fig. 1 Map of the sampling sites



图 2 重庆南川区岩溶槽谷景观图

Fig. 2 Landscape map in Nanchuan District karst valley, Chongqing



图 3 种植玉米和甘薯的石漠化土地

Fig. 3 The rocky desertification land with corn and sweet potato growing

2 研究框架与理论假设

世界上与我国西南位于同纬度且气候和地貌条件相似的其他岩溶地区并未出现广泛的石漠化,其重要原因之一是我国岩溶地区人类活动强度较大^[9,10]。国际上关于石漠化的研究也已由早期的单纯侧重岩溶自然成因研究转变为开始关注人类活动因素的研究^[11]。以下在确定人类活动因素的研究框架的基础上提出一系列理论假设。

2.1 研究框架

研究石漠化的人类驱动力有赖于空间尺度的正确选择^[12~14]。在宏观尺度上石漠化分布与岩性具有明显的相关性^[15],但在小区域内石漠化与农户承包地紧密联系。邵景安等指出农户尺度的石漠化空间形态是农户自主决策驱动力下的斑状地块^[16]。这固然有自然因素的作用,但土地实行家庭联产承包责任制造成的农户经营耕地细碎化加大了土地利用的空间异质性则是主要原因^[17,18]。石漠化景观的不均一性正是差异性的地质地貌背景之上叠加以差异性的人类活动造成的^[19]。

地理学对石漠化程度的测量有成熟的手段,一般是利用遥感数字影像(RS)在GIS操作平台上采用人机交互解译获取土地利用/土地覆盖变化(LUCC)信息,并结合相应的各种地质图件,得出石漠化面积比率,以此作为被解释变量;而诸多经济社会指标则来自各种统计资料,以此作为解释变量,进行各种回归分析^[20~22],这些计量研究为探索石漠化人文因素的研究提供了重要的启示。然而这些研究多是采用市县级大尺度,受行政单位制约较大,难以深入到农户的层次。有资料表明,在近代西南岩溶地区大多还是森林,只是30多年前由于各种政治和经济的原因才被大量砍伐,而绝大部分石漠化正是在森林砍伐之后逐渐发生的^[23~26],经调查研究区的实际情况也确实如此。在石漠化明显发生的近30多年来全市县并没有集体对山地进行整体活动,而是农户作为独立个体劳作于分布零散的土地,因此宏观尺度的石漠化不能与微观驱动主体—农户的经济活动相对应,研究结论很可能抹杀了石漠化驱动个体的差异,掩盖了重要的人文因素的作用。

农户是在农村拥有户籍和耕地,部分或全部成员从事农业生产的以血缘或姻缘关系为纽带组成的农民家庭组织。农户是农区经济活动的最基本组织单元^[27],农户经济活动或称为农户经济行为,是指农户为了追求自身利益最大化或追求对某种效用极大满足而表现出来的一系列经济活动的过程,它包括农户生产、投资、择业、消费等行为^[28]。在大多数发展中国家,土地退化问题与农户的经济活动是直接相关的^[29,30]。

农户经济行为受农户家庭禀赋和外部环境等因素影响和制约。家庭禀赋是指农户家庭成员及整个家庭所拥有的包括天然所有的及其后天所获得的资源和能力^[31],如人均耕地面积、成员素质和生活水平等内部因素;外部环境为国家政策、地理环境等外界因素^[32]。

综上所述,石漠化的人类活动驱动力就是作用于自家承包地之上的农户经济行为。农户经济行为在各种家庭禀赋的影响和外部环境因素的制约下对石漠化的发生起了驱动作用。基于上述思路并结合前人研究提出如下假设。

2.2 理论假设

2.2.1 农户家庭禀赋

(1) 人均耕地面积

普遍认为人口数量超过土地承载力导致人地矛盾激化是石漠化形成的重要原因^[33~35]。宏观尺度上的研究结果是人口密度与石漠化程度呈正向关系^[20,36,37]。那么在农户尺度上的

人均耕地面积^①是否也有类似的关系有待实证检验。

假设 H1a: 人均耕地面积越小承包地石漠化率越大。

(2) 人口素质

有观点认为, 石漠化成因不能简单概括为人口过多^[38,39], 而人口素质低下造成的土地利用不合理才是石漠化的重要因素^[40]。文化素质低则环保意识差、技术水平低, 极易导致不合理的耕作方式, 如粗放经营、乱砍乱伐等^[21,38,41,42]。本文以家庭成员最高学历作为的衡量标志, 定量检验家庭成员素质与石漠化的关系。

假设 H1b: 家庭成员最高学历水平^②越高承包地石漠化率越低。

(3) 生活水平

普遍认为贫困是我国西南岩溶地区生态环境恶化的根源^[20,21,36,43]。这是由于贫穷诱发开荒, 提高了大范围内土地的垦殖率, 使得土地在原本脆弱的生态平衡遭受破坏后变得更易发生石漠化。但是在农户尺度上可能相反, 因为若土地利用格局已固定再无荒可开时, 农户可能对土地更加珍惜。农户对土地资源的保护动机因收入水平不同而很不相同, 谭淑豪等指出, 贫困型农户由于缺乏资金而更多地施用有机肥来替代化肥, 这在客观上对土地保护是有利的; 而相对较富裕的农户其收入不完全依靠农业, 只将农业当作抵御风险的最后屏障, 从而有可能对土地保护不力^[44]。因此在农户尺度上有可能越穷越保护土地, 故提出如下假设。

假设 H1c: 恩格尔系数^③越大承包地石漠化率越小。

2.2.2 农户经济行为

(1) 择业行为

择业行为是指农户在农业与非农之间的选择。不同的就业结构反映了农户利用资源水平和把握外部经济机会的能力和倾向^[45]。弗兰克从农户经济学的角度提出, 农民保护环境的动机取决于他们对环境保护的成本和收益的内在比较, 农民的典型成本是劳动, 如果务农机会成本高, 农民就会推迟保护措施^[46]。有研究指出, 有外出打工或从事非农业的农户往往粗放利用土地, 其土地的水土保持效果更差^[47]。这是因为水土保持措施通常需要较多的劳动力^[48]。即农村劳动力的非农择业行为有可能造成用于水土保持劳动力的不足, 因此提出如下假设。

假设 H2a: 家庭外出打工人口占家庭劳动人口^④比例越高, 承包地石漠化率越高。

(2) 生产性投资行为

农户生产性投资包括固定资产和流动资产投入两部分。农业固定资产为农业机械设备等, 流动资产主要为农药和化肥等^⑤。农户固定资产投资是一种长期保护性投资, 对土地可持续利用产生最为直接的影响^[49]。农药和化肥的长期施用会破坏土壤的物理性状不利于水土保持, 而生态有机肥则会改善土壤的理化性质从而有利于土地可持续利用^[50]。

① 样本统计结果显示, 人均耕地为 0.7 亩, 与人口密度指示的土地压力意义相反。

② 样本统计结果显示, 大专以上学历占 16.0%, 高中和职高 27.9%, 初中 56.1%。

③ 样本统计结果显示, 研究区恩格尔系数平均为 0.2~0.4, 属于小康到富裕。恩格尔系数为食品总消耗市场价值占家庭实际总支出之比, 该指数越大生活水平越低。

④ 样本统计结果显示, 研究区农户家庭劳动人口中平均约有 50.8% 的成员外出打工。农村劳动人口一般定为 18~60 岁的健康成员。

⑤ 样本统计结果显示, 研究区农业机械设备为 1.4 台/户, 主要为打米机和打谷机等。农药支出 101 元/户·年, 化肥支出 546 元/户·年, 化肥与农家肥用量之比约 3:2。

另外,在化肥、农药等农业生产资料价格相对较高、农产品价格相对较低的情况下,流动资产投入越大,农户获得的实际收入就越小,使得用于农业生产保护性投入就会越少,最终造成水土保持工作越差^[51]。因此只有可持续性的生产投入才有利于抑制石漠化的发生,故提出如下假设。

假设 H2b: 农户农机拥有量越多承包地石漠化率越低。

假设 H2c: 农药支出占种植支出比例越大承包地石漠化率越大。

假设 H2d: 农家肥在总肥料使用量中比例(与化肥使用比例互补)越大承包地石漠化率越低。

(3) 土地利用行为

农户土地利用行为表现为土地利用类型。土地利用类型不同石漠化程度亦不相同^[43,52]。这是由于不同的土地利用方式对土壤的理化性质影响很大^[53],并进而使得土壤抗侵蚀能力也相应不同^[54]。为了定量分析土地利用行为对石漠化的影响程度,将本研究区土地利用类型分为三种:农耕(种植玉米甘薯等)、撂荒和退耕还林这三大类^①。多数观点认为,对土地的过度利用会促进石漠化的发生^[55]。显然农耕较之其他两种利用方式更易激化石漠化,为此提出如下假设。

假设 H2e: 农耕利用行为加剧承包地石漠化,撂荒和退耕还林减弱承包地的石漠化。

(4) 消费行为

人口的消费最终都表现为不同程度的土地资源消耗,消费行为将对土地造成消费压力^[56]。石敏俊等在研究农户经济行为与土地退化的关系时,用自家生产食品与外部购买食品的比例来衡量消费行为^[29]。本研究做了进一步的扩展,将农户所消费的食品(口粮、肉食、饲料)和燃料俱分为自家生产和外部购买两大部分^②。农户消费自给率越大则应该对土地造成负荷越大,但同时也意味着农户对土地的依赖程度也越大。如果农户对土地依赖程度大,则可能更愿意采取有利于土地可持续利用的经营方式,使石漠化减弱;如果农户对土地造成的负荷更大,则使石漠化加剧。那么负荷和依赖对石漠化影响何者更大呢?不妨假设前者更大。

假设 H2f: 家庭总支出^③中自产食品消耗的比例越大承包地石漠化率越高。

假设 H2g: 薪柴使用量占总燃料的比例越大承包地石漠化率越高。

2.2.3 外部环境 外部环境包括国家生态政策和自然环境。

(1) 生态政策

良好的生态政策可以激发农民自觉保护土地资源的积极性^[57]。实施退耕还林政策的岩溶地区石漠化确实有减弱的趋势^[58],但是针对退耕还林补助资金^④对石漠化的抑制效果还未有计量研究。补助金越高应该越能调动农户保护耕地的积极性。

假设 H3a: 退耕还林补助金额越高,承包地石漠化率越低。

(2) 自然环境

对石漠化的形成具有影响的自然本底因素很多,但不是本文关注的重点,然而适当把

① 样本统计结果显示,研究区土地利用类型比例平均值为农耕 86.8%,撂荒 4.2%,退耕 9.0%。

② 样本统计结果显示,研究区口粮、肉食、饲料的自给率平均 18.7%;燃料结构为电、煤炭、天然气、薪柴等,其中薪柴使用比例平均 14.7%。

③ 家庭总支出为现金总支出和自产农产品消耗的市场价值的总和。

④ 样本统计结果显示,有退耕的农户退耕还林补助金平均领取额为 510 元/户·年。

这些本底值作为控制变量引入了模型, 可使人文因素的估计量更加无偏, 并提高模型的解释力。石漠化与碳酸盐岩的破碎程度有关, 即岩石裂隙度越大, 就越易风化形成土壤从而越不易发生石漠化^[59]。另外石漠化发生率基本上随坡度的增大而增大^[60], 因为山多坡陡的地表结构易发生水土流失且不利于水土资源的保存^[61,33]①。但都缺乏定量的研究。

假设 H3b: 承包地下伏基岩破碎程度越高, 石漠化率越低。

假设 H3c: 承包地坡度越大, 石漠化率越高。

3 假设的检验

3.1 模型的建立

不同地块的本底很可能不同, 然而却无法控制这些变量做实验以追索石漠化过程中的人文因素的作用。而且石漠化率受到无数组人文因素的影响, 又无法像经典物理学那样建立变量之间的确定性依赖关系即函数关系, 但是可以通过建立在大量样本基础上的回归分析, 找到主要因素的统计依赖关系。因此, 本文拟建立一个农户—生态经济模型 (bio-economic household model) 进行分析。农户—生态经济模型是农户经济行为模型 (household model) 和生态经济模型 (bio-economic model) 的耦合^[62~66]。建立农户—生态经济模型有计量经济方法、数理规划方法和决策程序法, 其中计量经济模型是通过精确地描述过去的行为规律来推算未来的农户行为选择, 但基于多年历史资料或横截面数据难以获得, 因而研究文献未见^[29]。

本文应用实地测量和问卷调查获得的横截面数据建立该模型, 具体采用 STIRPAT 模型的扩展形式。STIRPAT 模型形式如下^[67]:

$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d \epsilon_i \quad (1)$$

式中: a 为常数, b 、 c 、 d 分别为 P 、 A 和 T 的指数项, ϵ 为残差。(1) 式与经济学的 Cobb-Douglas 生产函数的形式相似, 是 Dietz 等^[68]和 York 等^[69]在 IPAT 方程基础上改进而来的, 用来定量分析人口 (P)、财富 (A) 和技术条件 (T) 的变化对环境变化 (I) 的影响。IPAT (I =PAT) 是 Ehrlich 等^[70]创立的人类经济活动对环境影响评价的经典方程。STIRPAT 模型自产生以来曾被用于人类活动对 CO_2 等污染物的排放量^[68,71]、生态足迹^[72]、虚拟水消费^[73]影响的研究, 取得许多令人信服的成果。

根据前文论述, 将 (1) 式的残差中加入诸人文因素和自然因素后扩展如 (2) 式,

$$I_i = a \prod_{i=1}^n X_i^{k_i} \exp\left(\sum_{i=1}^n d_i D_i\right) \quad (2)$$

式中, I_i 为石漠化率, X_i 为对石漠化产生影响的诸真实变量, D_i 为对石漠化产生影响的诸虚拟变量, a 、 k_i 和 d_i 为常数, $i=1, 2, 3 \cdots n$ 。将扩展模型 (2) 式两边同取自然对数得 (3) 式,

$$\ln I_i = a + k_i \sum_{i=1}^n \ln X_i + d_i \sum_{i=1}^n D_i \quad (3)$$

式中真实变量除农机数量以外均为自然对数形式 (附表中标注 \ln)。人口素质虚拟变量: 大专或以上农户为 1, 其他为 0; 职高或高中为 1, 其他为 0; 初中为 1, 其他为 0。土地利用行为虚拟变量: 农耕为 1, 其他为 0; 撂荒为 1, 其他为 0; 退耕还林为 1, 其他为 0。

① 样本统计结果显示, 岩石裂隙度平均 39.0%; 坡度平均 22.5°, 在模型中要换算成弧度。

地域虚拟变量：南川市为 1，其他为 0；水江镇为 1，其他为 0。

表 1 石漠化农户—生态经济模型 Huber/White 稳健回归参数估计表
Tah 1 Robust regression result

决定因素		模型 1	模型 2
农户家庭禀赋	人均耕地面积	人均耕地面积 ln	0.127 (1.08)
	人口素质	大专以上	-0.809** (-2.01)
		职高、高中	-0.452** (-2.09)
		初中	-0.264 (-1.25)
	收入水平	恩格尔系数 ln	-0.224** (-2.18)
	择业行为	外出务工人口比例 ln	0.037* (1.60)
	农业固定资产投资	农机拥有量	-0.209* (-1.59)
农户经济行为	农业流动资产投资	农药支出比例 ln	-0.236** (-1.76)
		农家肥使用比例 ln	0.047** (1.79)
	土地利用行为	农耕	-0.049* (-1.31)
		撂荒	0.589*** (2.38)
		退耕	-0.037 (-0.16)
	消费行为	农产品消耗自产比例 ln	-0.715** (-2.31)
		薪柴使用比例 ln	-0.062** (-2.07)
外部环境	生态政策	退耕还林补助金 ln	-0.046*** (-3.24)
	地理环境	岩石破碎度 ln	-0.024** (-2.16)
		坡角正弦 ln	-0.890*** (-5.05)
地域虚拟变量	南川市		0.336*** (5.01)
			0.388*** (4.97)
	水江镇		-0.033 (-0.15)
常数项			0.008 (0.04)
			0.353** (1.65)
			0.363** (1.75)
		-2.301*** (-6.71)	-2.122*** (-6.91)
		样本数	262
		修正决定系数	261
		F 检验值	0.394
			0.363
			8.65
			7.38

注：***、**、* 分别表示单尾检验结果在 1%、5%、10% 的水平上显著；括号中为 *t* 检验值；应用 STATA11.1 输出。

首先对数据进行多重共线性检验，方差膨胀系数 VIF 最大值为 5.73，最大平均值为

1. 90。普遍认为 VIF 不超过 10 即可视为不存在多重共线性。

应用 Cook-Weisberg test^[74] 进行检验, 模型 1 和模型 2: $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0005$ 、 $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0002$, 表明具有异方差性。本研究采用 Huber^[75] 和 White^[76] 设计的方法进行稳健回归以剔除异方差。结果见表 1。

3.2 检验结果

3.2.1 农户家庭禀赋

(1) 人均耕地面积在统计上并不显著, 假设没有得到验证。表明人地矛盾并没有想象的那样明显地推动了石漠化的发生。

(2) 农户成员最高学历的系数俱为负, 在 5% 的显著水平上最高学历为大专以上和高中 (含职高) 学历的家庭比其他类型家庭的承包地的石漠化率分别低 80.9% 和 45.2%, 而初中学历的系数在统计上不显著。表明人口素质高的家庭能够更加合理利用和保护土地, 假设得到验证。

(3) 在 5% 显著水平上恩格尔系数每增加 1%, 承包地的石漠化率降低 0.22%, 假设得到验证。表明生活水平越低石漠化率越低, 即农户越贫穷石漠化率越低。该结论与文献相反, 很可能是贫穷对土地造成的破坏主要是开荒, 一旦土地利用格局固定无荒可开时, 农户越贫穷反而越呵护土地, 从而抑制了石漠化的发生。

3.2.2 农户经济行为

(1) 择业行为

在 10% 显著水平上家庭外出务工人口比例每增加 1%, 承包地石漠化率增加 0.04%, 假设得到验证。表明外出打工人口的增加导致保护农村生态的劳动投入不足。有研究发现, 现在农村丰富的人力资源并没能阻止农业生产中资金对劳动的替代性投入, 而是大量使用化肥、农药^[45]。其重要原因是外出务工的比较收益不断提高增加了劳动力的机会成本, 从而降低了劳动力从事农业的兴趣。

(2) 生产投入

假设得到完全验证。在 5% 显著水平上农业机械拥有量每增加 1 台, 石漠化率降低 23.6%, 表明固定资产的投入有利于水土的长久保持; 在 5% 显著水平上农药支出比例每增加 1%, 承包地石漠化率增加 0.05%, 表明对土地长期施用农药不利于水土保持; 在 10% 显著水平上农家肥使用比例每增加 1%, 承包地石漠化率降低 0.05%, 表明农家肥比化肥更有利于抑制石漠化, 但是农家肥的制备和施用需要更多的劳动力。

当前很多地区农户的农业固定资产投入趋于下降, 非农投资则大幅上升, 但农药化肥用量在生产资料支出中的比重却在上升, 反映了农民对农地经营的积极性与精心程度在不断下降^[77]。另外现行土地产权制度存在缺陷, 如产权不明晰, 农民只有使用权而没有所有权, 农民没有稳定的持久预期, 因而也不愿意对土地设施进行长期投资^[44,78]。

石漠化主要发生在实行家庭承包责任制这 30 年间^[24]。有研究指出, 家庭承包责任制所特有的小农式耕作方式在解决外部性生态环境问题上存在缺陷^[79]。正如弗兰克所言, 农民既不是自然资源的理想管理者, 也不是天然破坏者, 农业未来收益不确定性是农民保护生态意愿下降的原因^[46], 因此正是这些情况有可能进一步加剧石漠化。

(3) 土地利用行为

在 1% 显著水平上农耕比其他土地利用方式承包地的石漠化率高 58.9%, 而在 5% 显著水平上退耕还林则比其他利用方式承包地的石漠化率低 71.5%, 假设得到验证。表明

退耕还林要比耕种土地这种利用方式更有利于水土保持。撂荒的系数虽然为负值,但是在统计上不显著,说明撂荒也不一定有利于石漠化地区生态的自我回复。

(4) 消费行为

在 5% 显著水平上自产食品消费比例每增加 1%, 承包地石漠化率降低 0.06%; 在 1% 显著水平上薪柴使用比例每增加 1%, 承包地石漠化率降低 0.05%。结论与假设完全相反, 但是与收入水平的结论一致, 因为自产消费比例越多的农户也是越贫困的农户, 越是贫困的农户其生存对土地的依赖程度越大, 对土地可能更加呵护。结果表明, 农户对土地的依赖要比对土地的负荷产生的环境影响更大。

3.2.3 外部环境

(1) 在 5% 显著水平上退耕还林补助金每增加 1%, 承包地石漠化率降低 0.02%。表明该生态政策确实对治理石漠化有效。

(2) 在 1% 显著水平上, 岩石破碎度每增加 1%, 承包地石漠化率降低 0.89%; 坡度正弦值每增加 1%, 承包地石漠化率提高 0.39%, 即坡度每增加 1°, 石漠化率提高 0.70%。

4 结论与讨论

石漠化发生的驱动力是农户经济行为, 驱动对象是农户承包地, 农户家庭禀赋和外部环境是农户经济行为的重要影响和制约因素。本研究采取实地测量和问卷调查的方法采集自然—人文组合式样品 (CBES), 将农户与其承包地的石漠化紧密地结合在一起建立了一个农户—生态经济模型, 具体采用 STIRPAT 模型的扩展形式进行了估计。模型估计结果的最大修正决定系数为 0.394, 表明本文选定的解释变量对石漠化率有近 40% 的解释能力, 还有约 60% 未能解释的原因主要是存在许多未引入模型的其他人文和自然因素。

(1) 人地矛盾并没有想象的那样明显地推动了生态环境的恶化, 说明农户对土地的依赖要比对土地的负荷产生的环境影响更大。

(2) 贫穷并不必然导致石漠化发生, 这颠覆了认为贫穷是导致石漠化发生原因的观点。诚然, 最初贫穷引起的开荒伐林破坏了生态平衡使石漠化更易发生。但是一旦土地利用格局固定, 则农户对熟地并不一定会进一步破坏, 相反有可能对土地会更加呵护。

(3) 农户对土地依赖性越强, 承包地的石漠化率越低。相对贫穷的农户更依赖土地, 其自产消费比例更高, 对土地更加珍爱, 承包地石漠化率则偏低; 而相对富裕的农户成员外出务工比例较高, 对土地更加疏远, 承包地石漠化率则偏高。这是由于如果农户对土地依赖性较强, 对农地经营的积极性与精心程度便较高, 会采取可持续的土地利用方式, 如农业固定资产和自制农家肥的投入会增加, 从而有利于降低石漠化; 反之如果农民对土地的依赖程度较低, 对农地经营的积极性与精心程度便较低, 会采取粗放的土地利用方式, 如农药、化肥等流动性投入便会增加, 从而激化了石漠化。

(4) 毁林开荒只是石漠化形成的初始条件, 并不是必然原因。石漠化的表层原因是外出务工的离心力造成农户对土地的依赖程度降低, 深层原因是土地产权制度不完善造成的土地对农户吸引力的减弱。因为随着农户的务工收入不断提高增加了务农的机会成本, 使农户不愿意把劳动投入到土地去精心耕作。另外, 农民只有土地使用权而没有所有权, 缺乏稳定的持久预期, 不愿意对土地进行长期投资。农户对土地的粗放经营才是石漠化形成的本质原因, 因此在石漠化治理中如何提高农户对土地的热爱才是成功的先决条件。

研究表明, 随着收入水平提高石漠化率增加。著名的环境库兹涅兹曲线描述的是一个国家或地区随着收入水平提高, 环境污染水平呈倒 U 形的曲线状态。那么石漠化程度是否随着生活水平进一步提高也存在一个拐点呢? 这有待进一步探索。

致谢: 日本东京法政大学牧野文夫教授和京都大学刘德强教授提出了宝贵建议; 在野外调查和室内整理中王建锋、杨雷、任伟、王瑞青、赵南、姜良恒等同学提供了大力协助, 特致谢忱。

参考文献:

- [1] 国家发改委, 等. 关于印发岩溶地区石漠化综合治理规划大纲的通知(发改农经[2008]749号), 2008.
- [2] Yuan D X, Zhu D H, Weng J T, *et al.* Karst of China. Beijing: Geological Publishing House, 1991.
- [3] 中国国家林业局. 岩溶地域石漠化状况公报. 人民日报, 2006-06-23.
- [4] 中国国际工程咨询公司. 岩溶地区石漠化综合治理规划大纲(2006~2015年), 2007.
- [5] 陈升琪, 蔡书良, 肖挺, 等. 重庆地理. 重庆: 西南师范大学出版社, 2003.
- [6] 刘拓, 周光辉, 但新球, 等. 中国岩溶石漠化: 现状、成因与防治. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [7] 李月臣, 杨华. 重庆市石漠化灾害特征及防治分区研究. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(2): 134~138.
- [8] 陈慧琳. 南方岩溶区人地系统的基本地域分异探讨. 地理研究, 2000, 19(1): 73~79.
- [9] 袁道先. 全球岩溶生态系统对比: 科学目标和执行计划. 地球科学进展, 2001, 16(4): 461~464.
- [10] 刘宏, 刘国才. 斯洛文尼亚喀斯特生态环境与农业. 云南地理环境研究, 2005, 17(z1): 10~14.
- [11] 任海. 喀斯特山地生态系统石漠化过程及其恢复研究综述. 热带地理, 2005, 25(3): 195~200.
- [12] 王世杰, 李阳兵. 喀斯特石漠化研究存在的问题与发展趋势. 地球科学进展, 2007, 22(6): 573~582.
- [13] 黄秋昊, 蔡运龙, 王秀春. 我国西南部喀斯特地区石漠化研究进展. 自然灾害学报, 2007, 16(2): 106~111.
- [14] 李阳兵, 姜丽, 白晓永. 亚热带喀斯特石漠化土地退化特征研究. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3): 395~399.
- [15] 蒋树芳, 胡宝清, 黄秋燕, 等. 广西都安喀斯特石漠化的分布特征及其与岩性的空间相关性. 大地构造与成矿学, 2004, 28(2): 214~219.
- [16] 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. 地理科学进展, 2008, 27(1): 25~31.
- [17] 李建林, 陈瑜琦, 江清霞, 等. 中国耕地破碎化的原因及其对策研究. 农业经济, 2006, (6): 21~23.
- [18] 张佩芳, 王茂新. 云南西双版纳纳诺巴卡土地利用/土地覆盖时空动态研究. 农业工程学报, 200, 22(3): 57~62.
- [19] 兰安军, 张百平, 熊康宁, 等. 黔西南脆弱喀斯特生态环境空间格局分析. 地理研究, 2003, 22(6): 733~741.
- [20] 胡业翠, 刘彦随, 吴佩林, 等. 广西喀斯特山区土地石漠化: 态势、成因与治理. 农业工程学报, 2008, 24(6): 96~101.
- [21] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 喀斯特石漠化的遥感-GIS典型研究: 以贵州省为例. 北京: 地质出版社, 2002.
- [22] 吴秀芹, 蔡运龙. 我国亚热带喀斯特生态环境演变研究进展. 自然科学进展, 2006, 16(3): 267~272.
- [23] 李志伟. 世纪末大盘点(五): 中国森林状态备忘录. 森林与人类, 1999, (12): 4~10.
- [24] 谢家雍. 西南石漠化与生态重建. 贵阳: 贵州科技出版社, 2001.
- [25] 万军. 贵州省喀斯特地区土地退化与生态重建研究进展. 地球科学进展, 2003, 18(3): 447~453.
- [26] 姚长宏, 杨桂芳, 蒋忠诚. 贵州省岩溶地区石漠化的形成及其生态治理. 地质科技情报, 2001, 20(2): 75~78, 82.
- [27] 李小建. 还原论与农户地理研究. 地理研究, 2010, 29(5): 767~777.
- [28] 吴绍田. 中国农户投资行为分析. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [29] 石敏俊, 王涛. 中国生态脆弱带人地关系行为机制模型及应用. 地理学报, 2005, 60(1): 165~174.
- [30] 李小建, 乔家君, 樊新生, 等. 农户地理学. 北京: 科学出版社, 2009.
- [31] 孔祥智, 方松海, 庞晓鹏, 等. 西部地区农户禀赋对农业技术采纳的影响分析. 经济研究, 2004, (12): 85~95, 122.
- [32] 马奎运, 陈彤, 冯海发, 等. 中国农户经济行为研究. 上海: 上海人民出版社, 1993.
- [33] 苏维词, 朱文孝. 贵州喀斯特山区生态环境脆弱性分析. 山地学报, 2000, 18(5): 429~434.
- [34] 西尾孝佳. 中国南西部におけるカルスト石漠化、現状と対策. グリーン・エージ, 2006, 33(12): 30~33.
- [35] 蒋勇军, 章程, 李林立, 等. 基于 RS, GIS 的重庆黔江区石漠化现状与成因分析. 水文地质工程地质, 2007, 34(1): 81~85, 89.

- [36] Liu Y, Wang J, Deng X Z. Rocky land desertification and its driving forces in the karst areas of rural Guangxi, Southwest China. *Journal of Mountain Science*, 2008, 5(4): 350~357.
- [37] 廖赤肩, 胡宝清, 严志强, 等. 广西喀斯特地区土地石漠化与生态重建模式研究. 北京: 商务印书馆, 2006.
- [38] 赵东, 林昌虎, 何腾兵. 人类活动对贵州喀斯特山区石漠化的影响以及对策. *贵州科学*, 2006, 24(4): 49~53, 88.
- [39] 王家嘉, 林昌虎, 何腾兵. 人类活动对贵州喀斯特石漠化地区的影响. *水土保持研究*, 2006, 13(5): 276~279.
- [40] 喻劲松, 梁凯. 中国西南岩溶地区环境问题分析及其对策. *中国国土资源经济*, 2005, 18(3): 17~19.
- [41] 李阳兵, 王世杰, 容丽. 西南岩溶山区生态危机与反贫困的可持续发展文化反思. *地理科学*, 2004, 24(2): 157~162.
- [42] 张冬青, 林昌虎, 何腾兵. 贵州喀斯特环境特征与石漠化的形成. *水土保持研究*, 2006, 13(1): 220~223.
- [43] 蓝安军, 熊康宁, 安裕伦. 喀斯特石漠化的驱动因子分析—以贵州省为例. *水土保持通报*, 2001, 21(6): 19~23.
- [44] 谭淑豪, 曲福田, 黄贤金. 市场经济环境下不同类型农户土地利用行为差异及土地保护政策分析. *南京农业大学学报*, 2001, 24(2): 110~114.
- [45] 鲁礼新, 马昌河, 鲁奇. 水城县沙坡村农户经济行为调查研究. *地理研究*, 2004, 23(2): 218~226.
- [46] 弗兰克·艾利思. 农民经济学: 农民家庭农业和农业发展(第二版). 胡景北译. 上海: 上海人民出版社, 2006.
- [47] 黄贤金, 曲福田. 我国经济政策改革与水土流失问题研究. *中国农村经济*, 2008, (8): 78~80.
- [48] 马鹏红, 黄贤金, 于术桐, 等. 江西省上饶县农户水土保持投资行为机理与实证模型. *长江流域资源与环境*, 2004, 13(6): 568~572.
- [49] 王德起, 曲福田. 我国耕地保护机制研究. *中国土地科学*, 1997, 11(1): 15~20.
- [50] 马光庭. 生态有机肥与农业可持续发展. *中国生态农业学报*, 2004, 12(3): 191~193.
- [51] 王鹏, 黄贤金, 张兆干, 等. 江西红壤区农业产业政策改革的农户行为响应与水土保持效果分析——以江西省上饶县村庄及农户调查为例. *地理科学*, 2004, 24(3): 326~332.
- [52] 李阳兵, 白晓永, 周国富, 等. 中国典型石漠化地区土地利用与石漠化的关系. *地理学报*, 2006, 61(6): 624~632.
- [53] 李生, 张守攻, 姚小华, 等. 黔中石漠化地区不同土地利用方式对土壤环境的影响. *长江流域资源与环境*, 2008, 17(3): 384~389.
- [54] 孙承兴, 王世杰, 周德全, 等. 碳酸盐岩差异性风化成土特征及其对石漠化形成的影响. *矿物学报*, 2002, 22(4): 308~314.
- [55] 刘肇军. 农业经济转型与喀斯特山区石漠化防治. *福建师范大学学报: 哲学社会科学版*, 2007, 145(4): 75~78.
- [56] 王万茂, 高波, 夏太寿. 土地生态经济学. 北京: 科学技术文献出版社, 1992.
- [57] Redclift M R. A framework for improving environmental management: Beyond the market mechanism. *World Development*, 1992, 20(2): 255~259.
- [58] 谭宗琨. 实施退耕还林政策对遏止喀斯特区域石漠化作用的遥感监测. *水土保持研究*, 2006, 13(1): 35~37.
- [59] 李阳兵, 王世杰, 李瑞玲, 等. 花江喀斯特峡谷地区石漠化成因初探. *水文地质工程地质*, 2004, 31(6): 37~42.
- [60] 周梦维, 王世杰, 李阳兵. 喀斯特石漠化小流域景观的空间因子分析——以贵州清镇王家寨小流域为例. *地理研究*, 2007, 26(5): 897~905.
- [61] 周忠发. 喀斯特地区石漠化与地形坡度的关系分析——以贵州省清镇市为例. *水土保持通报*, 2006, 26(5): 1~3.
- [62] Taylor J E, Adelman I. Agricultural household models: genesis, evolution, and extensions. *Review of Economics of the Household*, 2003, 1(1~2): 33~58.
- [63] Kruseman G, Ruben R, Hengsdijk H, *et al.* Farm household modeling for estimating the effectiveness of price instruments in land use policy. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 1995, 43(1): 111~123.
- [64] Kruseman G, Bade J. Agrarian policies for sustainable land use: Bio-economic modeling to assess the effectiveness of policy instruments. *Agricultural System*, 1998, 58(3): 465~481.
- [65] Mullen J D, Taylor D B, Fofana M, *et al.* Integrating long-run biological and economic considerations into Striga management programs. *Agricultural System*, 2003, 76(2): 787~795.
- [66] Fleming E, Milne M. Bio-economic modeling of the production and export of cocoa for price policy analysis in Papua New Guinea. *Agricultural System*, 2003, 76(2): 483~505.
- [67] York R, Rosa E A, Dietz T. Footprints on the earth: the environmental consequences of modernity. *American Sociological Review*, 2003, 68(2): 279~300.
- [68] Dietz T, Rosa E A. Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1997, 94(1): 175~179.

- [69] York R, Rosa E A, Dietz T. STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 2003, 46(3): 351~365.
- [70] Ehrlich P R, Holdren J P. The impact of population growth. *Science*, 1971, 171(3977): 1212~1217.
- [71] York R, Rosa E A, Dietz T. Bridging environmental science with environmental policy: Plasticity of population, affluence and technology. *Social Science Quarterly*, 2002, 83(1): 18~34.
- [72] 徐中民, 程国栋. 中国人口和富裕对环境的影响. *冰川冻土*, 2005, 27(5): 767~773.
- [73] 徐中民, 龙爱华, 张志强. 虚拟水的理论方法及在甘肃省的应用. *地理学报*, 2003, 58(6): 861~869.
- [74] Cook R D, Weisberg S. An introduction to regression graphics. New York: John Wiley, 1994.
- [75] Huber P J. The behavior of maximum likelihood estimates under nonstandard conditions. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. Berkeley CA: University of California Press, 1967.
- [76] White H A. Heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica*, 1980, 48(4): 817~838.
- [77] 史清华. 农户经济活动及行为研究. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [78] 韩喜平, 谢振华. 浅析农户行为与环境保护. *中国环境管理*, 2000, (6): 27~28.
- [79] 王跃生. 家庭责任制、农户行为与农业中的环境生态问题. *北京大学学报: 哲学社会科学版*, 1999, 36(3): 44~51.

An application of bio-economic household model to analysis of the cause for karst rock desertification in Southwest China

Miao Jian-qing^{1,2}, Xie Shi-you², Yuan Dao-xian², Jiang Yong-jun²

(1. College of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Rock desertification has been one of the three ecological disasters threatening human beings. Combating desertification relies on the analysis of human factors. The human driving force to rock desertification is farmers' economic behaviors in their contractual household lands. Through connecting field surveys with interviews, the authors collected some combined biological and economic samples from Nanchuan District of Chongqing City and constructed a bio-economic household model. The empirical result shows that human-land conflict does not obviously cause ecological disasters expected by scientists. The farmer's dependence on the land has more significant environment effect than the load on the land does. On the condition that the location and size of farmer's land is fixed, the poor farmers prefer to adopt the sustainable land use types because they rely more on the land, which results in the lower rate of karst rock desertification in their contractual household lands. This empirical result repudiates the prior viewpoint that poverty causes rock desertification. The cause of rock desertification is that the farmer's dependence on the land decreases when these farmers become migrant workers, however, the root cause of rock desertification is that the inappropriate ownership structure of land weakens the appeal of land to farmers.

Key words: rock desertification rate; household economic behavior; bio-economic household model; STIRPAT model; farmland dependence