

贵州喀斯特山区农业生态环境的脆弱性及可持续发展对策

甘露, 陈刚才, 万国江

(中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 贵州喀斯特山区的农业生态环境极为脆弱, 对农业的可持续发展带来了很大的不利影响。本文认为其脆弱性主要是由喀斯特自然过程和人为活动共同作用的结果。并据此探讨了其环境整治和农业可持续发展的战略途径及相应的发展模式。

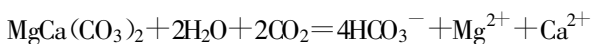
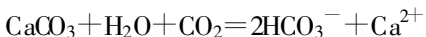
关键词: 贵州; 农业生态环境; 脆弱性; 可持续发展; 发展战略; 发展模式

中图分类号: P931.5 **文献标识码:** A

贵州是我国喀斯特最为发育的省份之一, 碳酸盐岩出露面积占土地总面积的73%, 全省80%以上的农业人口都分布在喀斯特地区。同时, 贵州又是我国唯一没有大平原支撑的农业省, 山地多且陡峻。喀斯特地貌、山地地形及农业人口因生活对环境的需求压力, 使贵州喀斯特山区农业生态环境日趋脆弱。而其又与贫困联系紧密, 1998年全省喀斯特地区农民纯收入只有1340元, 居全国最末。所以, 改善喀斯特山区农业生态环境、确保社会经济、资源与环境的协调持续发展已成为一个重要的喀斯特地区发展战略问题。

1 贵州喀斯特山区农业生态环境的脆弱性

“喀斯特”作为科学术语, 指碳酸盐岩经过复杂的溶蚀作用而形成的类型多样的自然景观。其水动力化学反应可由下式表达



上述反应在常温常压下能有效的可逆进行。它控制着碳酸盐矿物的溶蚀和沉淀。随着人类活动的加剧, 一系列生态环境问题如水资源缺乏、旱涝灾害、植被破坏、生态系统结构简化、水土流失及石漠化等愈演愈烈, 从而为“喀斯特”这一术语添加了新的内容^[1]。贵州喀斯特山区农业生态环境脆弱性集中表现在水、土与植被资源上, 其产生是喀斯特自然

过程和农业人口活动共同作用的结果。就自然过程来看, 碳酸盐岩石的存在和水溶蚀地球化学作用是喀斯特形成的地质基础和前提条件, 也是山区喀斯特农业生态环境中水、土和植被主要环境资源特点及其脆弱性产生的自然基础。而不合理的人为活动尤其是因人口超载而对植被的破坏则将其脆弱性进一步强化了许多^[2]。

1.1 水对碳酸盐岩石的溶蚀地球化学作用是贵州喀斯特山区农业生态环境中水、土与植被资源特点及其脆弱性形成的自然基础

1.1.1 水资源状况及其脆弱性

水对碳酸盐岩的溶蚀地球化学作用塑造了碳酸盐地区的溶蚀构造和景观格局^[1], 它对贵州喀斯特山区农业水环境的影响主要表现在两个方面:

(1)形成了喀斯特地区地表地下二元径流系统, 两者之间通过极为发育的漏斗、落水洞、竖井和裂隙等直接相互连通。地表的渗入系数较高, 可达0.5~0.7。且山陡土薄, 使喀斯特山区地下径流丰富而地表径流不足, 保水蓄水难度很大, 旱涝灾害频繁。当降水落到喀斯特地表时, 除部分转化为地表径流流失外, 其余大部分通过渗漏进入地下管道系统成为地下径流, 而这部分水又不能为地表农林作物所吸收, 使得生境中有效水分大为减少, 经常处于干旱状态^[5]。在部分喀斯特盆地、洼地区, 降雨时常因局地排水不畅而产生洪涝灾害, 尤以喀斯特极为发育的黔西南更为常见, 仅兴义就有常被淹没成涝的坝

子面积达 1 633.3 hm^2 。但降雨一旦停止, 积水很快渗漏, 生境也就很快恢复干燥^[3]。

(2) 贵州地块新生代以来大幅度抬生, 随之产生侵蚀基准面的急剧下降, 地表河流切割很深, 使得喀斯特山区坡度较大, 大都在 $25^\circ \sim 35^\circ$, 甚至更陡。相对高差也大都在 400 m 以上。如乌江干流相对高差达 700 m ~ 1 000 m, 南北盘江、红水河下切 500 m ~ 800 m, 水资源的分布出现山高水低, 水流湍急难于利用的局面。在广大高原面上或分水岭地带耕地集中, 而河源水量微小, 用水矛盾突出。且山坡面上的耕地也因田高水低而水资源缺乏。

同时喀斯特地区的水质呈现出重碳酸盐钙 II 型 ([C] Ca II) 水的总体特征。由于溶蚀—沉淀作用的交替进行, 喀斯特水的化学组成很不稳定。碳酸盐岩裂隙水进入地表土层后, HCO_3^- 降低, 碱金属离子浓度升高; 地面水搬运过程中, NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Na^+ 等主要水质成分均升高。由此可见, 喀斯特溶蚀作用对喀斯特地表土壤的物质迁移产生了重要影响, 造成土壤中养分大量流失, 是造成喀斯特山区土体浅薄、土质贫瘠的重要原因。值得注意的是, 由于人为活动的影响, 大气 CO_2 浓度升高, 酸性沉降增加, 使得喀斯特水的溶蚀能力进一步增强^[4]。

1.1.2 土壤资源状况及其脆弱性

喀斯特地区石灰土的成土过程一般被认为是碳酸盐岩的溶蚀残余, 在这类岩石的物质组成中, 碳酸盐类可溶性矿物占 90% 以上, 故成土过程极为缓慢。据估算, 在贵州碳酸盐岩面上要形成 1 m 厚的残积层, 理论上为 21 万 a ~ 120 万 a。通过对黔中地区表层土壤微粒观测得其物理侵蚀速率达 $0.003 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 为碳酸盐岩溶蚀后残余物生成速率 ($< 0.001 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$) 的 3 倍^[5]。由此可见, 贵州喀斯特山区成土极为艰难, 在 $> 25^\circ$ 的裸岩丘峰上, 不可能形成土被。仅在溶隙中有植物腐蚀成的黑色石灰土。在山区, 因坡度较大, 当森林植被一旦遭到破坏时, 水土流失更为强烈。全省水土流失面积已由 50 年代的 14.2%、60 年代的 19.9%、80 年代的 28.4% 发展到 90 年代初的 43.5%, 其态势愈演愈烈。在此基础上, 土地石漠化面积也急剧扩大, 目前贵州全省共有石漠化土地 139 万 hm^2 , 约占全省土地总面积的 7.9%。且目前正以 $508.16 \text{ km}^2/\text{a}$ 的速度增加。根据有关方面的预测, 若不采取有力的治理措施, 贵州石漠化土地在二十一世纪初将达到全省总面积的 12.2%。土地的石漠化严重影响农林牧生

产, 威胁着人类生存的基本条件^[6]。

由此可知, 因碳酸盐岩大面积分布及水溶蚀地球化学作用, 土体浅薄、土质贫瘠及土壤侵蚀严重是喀斯特山区土壤资源的基本特点。没有土壤, 农作物生长困难、水分难以保持, 山地生态系统简单而脆弱。但通过对黔中地区表土侵蚀作用的 ^{7}Be 示踪研究可知: 表土侵蚀受微地形影响, 大部分被侵蚀的土粒经短距离位移, 在低洼部位堆积^[5], 使低洼地带能够维持较厚的土壤, 从而维系了喀斯特山区脆弱生态系统的繁衍。

1.1.3 植被状况及其脆弱性

由于喀斯特山区土层浅薄、营养元素缺乏及生境具明显的干旱性, 植物种属大多革质化、耐旱、细长并以喜钙、嗜钙为主要特征。植物群落多有多种藤本刺灌丛、旱生性禾本草灌丛及肉质多浆灌丛等发育。与非喀斯特地区的森林植被相比, 其区系组成、群落结构都有显著不同, 生物量很低, 生态系统金字塔弱小、环境效益也明显较前者为低。且由于生境严酷, 森林生态系统一旦遭到毁坏, 其重建几乎是不可可能的^[3, 7]。

森林生态系统在维持喀斯特生态系统平衡方面具有重要作用。森林植被对于喀斯特山区农业生态环境具有重要意义。它对喀斯特水环境和流场起着非常重要的调蓄作用, 从而有效的保证水源; 同时, 就喀斯特山区而言, 它最重要的另一大功能是可以保持水土, 使土壤侵蚀的强度减低, 并可以加速喀斯特山区的风化成土过程, 促进了喀斯特山区土壤资源的再生。但由于各种原因, 主要是人类活动的影响, 目前贵州喀斯特地区森林覆盖率 $< 9.1\%$, 森林生态系统的综合环境功能受到了严重影响, 产生了一系列恶性后果, 使得农业生态环境质量进一步恶化。

1.2 不合理的开发活动使贵州喀斯特山区农业生态环境的脆弱性表现更加突出

喀斯特农业生态环境是一种对人类活动极其敏感的脆弱环境, 频繁和不合理的人为扰动使其脆弱性进一步增强^[7]。而造成这种人为扰动的关键原因在于人口严重超载。喀斯特山区农业生态环境的人口容量很低, 据估算^[8]: 黔南麻山等地的喀斯特深洼地人口容量 $\leq 50 \text{ 人/km}^2$, 部分喀斯特高山盆地容量仅为 $1 \text{ 人/km}^2 \sim 10 \text{ 人/km}^2$, 一些峰丛槽谷、小溶盆如六枝、水城人口容量为 $100 \text{ 人/km}^2 \sim 150 \text{ 人/km}^2$, 黔南峰丛山地为 100 人/km^2 , 黔中丘原区人口容量可达 $150 \text{ 人/km}^2 \sim 200 \text{ 人/km}^2$ 。但目前贵州喀斯特

山区的人口密度则远远大于其人口容量,大多数地区超载至少1~2倍。在这种态势下,农业人口因生存生活需要而对生态环境资源进行恶性开发就有其必然性。

人为活动对喀斯特山区农业生态环境的影响主要集中在水、土、植被这三个因素上。如化肥农药的使用和生活污水的排放会造成水体和土壤污染、土壤板结及肥力降低,住宅及道路的修建会使农业用地减少。但其中最重要的,影响也最大的则主要集中在植被覆盖率的大幅度锐减和旱耕地面积的不断扩大上。因为人口严重超载和喀斯特山区耕地面积极其有限,迫于生活所需,开荒种地向坡面大范围拓展,大面积的森林被砍伐后辟为旱耕地,其中有不少为陡坡垦殖,目前全省 $>25^\circ$ 的陡坡耕地约63.84万 hm^2 ,占耕地总面积的13.14%,某些地区甚至可达40%以上。其严重后果主要表现在:森林防护作用消失,形成了大范围的水土流失,使本就非常珍贵的土壤愈加稀少,土壤肥力也愈加贫瘠,“石漠化”进程加速;土壤涵养水源的能力下降,抵御自然灾害的能力减弱,旱涝灾害频繁;植被结构简单,生态系统简化,生物多样性降低;等等。这些问题造成了土地生产力的下降,促成了农业人口为耕地进一步的“赶山种田”,森林破坏更加严重,相应的农业生态环境问题愈加突出,脆弱性进一步增强,形成了严重的恶性循环。

2 贵州喀斯特山区的农业可持续发展对策

2.1 贵州喀斯特山区农业可持续发展战略

据上所述,贵州喀斯特山区农业生态环境是一个水土资源不足、植被结构简单、生态效益低下及人为活动影响频繁的脆弱生态环境。因此其可持续发展战略的前提为控制因环境压力而导致的人为活动,实施人口控制战略;重点是保护水、土和植被资源,实行资源战略;同时扩大植被面积,整治和改善生态环境,推行生态环境战略。

2.1.1 人口控制战略:控制人口数量,提高人口素质,在部分地区实施环境移民

在贵州喀斯特山区土地承载力远远超负荷运行的背景下,为实现人口发展与经济发展、资源承载、环境容量相协调的适度人口目标,人口控制战略不可避免且极为紧迫。首先必须严格执行计划生育政策,降低人口增长率,控制人口增长。同时要大力提

高劳动者的素质,增强其文化、智能水平,使劳动生产率和人力资本增值活力得以提高,创造更多的物质财富,促使农业人口中一部分可以向其它产业转化,从而减轻人口压力。至于那些资源匮乏、生存条件极端恶劣且人口严重超载的喀斯特山区,环境移民势在必行。目前贵州喀斯特山区的贫困人口在500万以上,极贫人口300万,其中约30万人缺乏基本的生存条件,一个涉及数十万人的环境移民成为贵州喀斯特山区农业可持续发展的重要任务。

2.1.2 资源战略:建立节约高效的农业资源利用体系,以外向型生态农业代替传统农业,充分发掘山区其它优势资源潜力

贵州喀斯特山区农业生态环境中水、土和植被资源缺乏,故提高农业资源利用率、建立节约高效的农业资源利用体系就极为必要。具体而言,就是在水土条件配置较好的有限区域,改变原有的粗放浪费型农业生产方式,大力增加粮食单产,以少量的高产田来保证口粮;大力发展水利设施,逐步有效的将中低产田改造为旱涝保收田;同时,推广和发展生态农业,建立节地、节水的集约化农业生产体系,保护和改善农业生态环境,促进农业资源的有效循环;根据山区小生境类型多样化程度比较高的特点,利用好外部的资金、技术、信息和人才等的输入及本身固有的资源加工生产出价值更高的产品,走外向型生态农业的道路。同时,充分发掘贵州喀斯特山区一些优势资源的潜力,如气候资源、矿产资源、旅游资源和一些山地特优资源,建立一些乡镇企业、特优产品加工业、旅游业和部分第三产业,以缓和传统农业中日益紧张的人地矛盾。

2.1.3 生态环境战略:实施环境整治和生态重建工程,以扩大森林覆盖率为中心,绿化山区生态环境脆弱带,改善山区农业生态环境

贵州喀斯特山区在水、土和植被上的脆弱性是其农业可持续发展的直接障碍。在这种背景下,环境整治和生态重建就成为喀斯特山区农业可持续发展的关键。其中,森林植被的恢复具有重要意义,因为森林是改善喀斯特农业生态环境的根本。喀斯特山区森林植被的恢复,森林滞留水的形成和流动排泄,很大程度上改善了喀斯特山区的水分条件,使水分亏缺及内涝程度出现几率降低,农业生产环境相对稳定。同时,它还可以减轻土壤侵蚀、加速岩石风化以保证土壤资源再生,等等。因此,在贵州喀斯特山区农业生态环境的整治与恢复中,扩大森林覆盖

率, 绿化山区生态环境脆弱带无疑应成为一项中心任务。

2.2 贵州喀斯特山区农业可持续发展的模式

在目前喀斯特山区农业生态环境治理和农业可持续发展的研究与实践中, 已经进行了相当有益的探索, 建立了一些模式^[1, 9, 10]。这些模式有些着重治理水、土和植被资源的某一方面, 如节水农业型主要针对水环境, 致力于提高水资源利用的有效性; 林业先导型则从恢复森林植被入手, 通过种植经济林木来缓和生态环境与农民生活之间的矛盾, 改善农业生态环境; 有些通过异地移土来解决山区环境中土壤资源严重不足的局面, 如大关模式。还有些模式则立足于喀斯特山区农业生态环境的整体性, 对水、土及植被进行全面治理, 寻求环境与经济的协调发展, 具有更大意义。下面重点介绍两个具代表性的此类模式。

2.2.1 上保中治下开发型

“上”、“中”、“下”是相对的空间性概念, 对局地山地地形来说, 分别指山体的上部、中(腰)部和下(脚)部。由于喀斯特山区的区域环境物质输送关系为山坡土壤被侵蚀而输送至山麓堆积; 且底部供水条件远较山上优越; 同时底部人口密度大、环境承载力较高, 而坡面人口密度小, 环境敏感度也较高, 易被破坏并能产生较大不利影响。故在农业可持续发展的过程中, 山体上部以保护为主, 封山造林或让其植被自然恢复; 山腰以治理为主, 大力发展经济林木、中药材和果树, 或结合水利建设、坡改梯等措施进行合理的农业开发, 此举一可保护生态, 又能产生一定的生产效益; 山脚谷地一带可在保护生态的基础上进行农作物种植, 是主要的农业生产区。贵州

毕节地区在整治山区农业生态环境时, 曾实施过“山顶戴帽子, 山腰系带子, 山脚铺被子”的对策, 正是这一思路的反映^[1]。

2.2.2 单元流域治理型

所谓单元流域, 是指地质构造及弱喀斯特化岩体形成的地下分水岭所控制的喀斯特地表水和地下水流域。它是喀斯特区地表—地下水系的集水单元, 其地表和地下水是统一的水文系统; 每个单元流域是独立的小型喀斯特系统, 喀斯特作用在单元流域内独立进行, 是喀斯特山区喀斯特作用的具体空间; 单元流域又是相对独立的生态系统, 在特定的自然环境下(母岩、地貌、小气候、水文等), 形成了特定的植物群落; 同时, 人们在生产活动中也适应这种自然环境, 喀斯特山区的大多数县城都分布在较大单元流域的中心, 而乡镇的分布则与较小的单元流域一致。就此可以认为, 单元流域是喀斯特山区生态系统和经济系统相互耦合而成的复合系统, 是整个喀斯特山区大的生态—经济系统中的小单元, 可将大系统的不平衡解决于这样的小单元中。单元流域治理正是立足于此, 其思路是: 以单元流域为治理单元; 以治水和改善生态环境为治理中心; 发展生态农业、乡镇企业和商品经济, 变单一农业经济为综合性经济; 转移和减少山区农业人口。其最终目标是使每个单元流域的生态环境得到改善并获得四大效益: 治水保土效益, 彻底改变缺水现状; 生态效益, 恢复植被, 扭转水土流失现状和石漠化趋势; 经济效益, 工农业产值提高; 社会效益, 解决脱贫问题^[1]。该思路已在贵州喀斯特山区部分地区经初步实践, 表 1 是此模式的两个示例。

表 1 贵州喀斯特山区单元流域类型及其治理措施示例

Table 1 Two samples of single drainage in Guizhou karst mountain area and their harnessing countermeasures

类 型	代表地区	水文及地貌特征	环境和资源状况	治理措施
向斜峰丛谷地型	道真	一般为二叠系及三叠系组成, 谷地面积约单元流域面积 25%, 周围为大面积峰丛山地, 具独立喀斯特水系统, 谷地内赋存浅埋裂隙—管道地下水, 周围峰丛山区地下河发育	谷地内地表水资源不足, 农业产量不稳, 洪水季节偶有内涝, 周围山地石漠化严重, 地下水资源、地下河水能资源、煤硫铁矿资源和山地资源丰富	谷底内打井开发浅层地下水, 谷坡打平洞截取暗河, 引水灌溉及发电; 将谷地建成旱涝保收田, 成为小型粮食基地; 开发矿业, 粮食加工等第三产业; 山地退耕还林
单斜峡谷型	三合	一般为大江大河深切峡谷两岸的峰丛洼地, 山高水深, 地面与河水面高差达 300 m~600 m, 由于地层产状陡, 地下河顺层发育, 埋深大, 形成多层暗河系统	峰丛洼地区地表水短缺, 地下水埋深大, 饮水及灌溉水源奇缺, 山多地少, 水土流失及石漠化严重, 是最贫困的喀斯特山区, 具有煤、硫等矿产资源	通过山塘水库将雨水及坡面流蓄积起来, 解决部分饮水; 堵洞成库, 提高地下水位, 开发地下河, 解决水源短缺和能源问题; 以山地农业为主, 发展林木及经济林; 开发矿业及旅游资源, 发展乡镇企业; 控制人口, 部分地区实施环境移民

参考文献:

- [1] 万国江. 喀斯特山区重建[A]. 见: 中国科学技术协会、中国工程院. 中国西部生态重建与经济协调发展学术讨论会论文集[C]. 成都: 四川科学技术出版社, 1999. 100~105.
- [2] 甘露. 人类活动与喀斯特生态系统相关作用初探[J]. 贵州师范大学学报(自然版), 1998, 16(1): 48~52.
- [3] 屠玉麟. 论贵州农业生态环境的特征[A]. 见: 贵州省环境科学学会. 贵州喀斯特环境研究[C]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988. 33~38.
- [4] 白占国, 万国江. 喀斯特区域的水化学不稳定性[J]. 水科学进展, 1998, 9(4): 325~337.
- [5] 万国江, 白占国. 论碳酸盐侵蚀与环境变化[J]. 第四纪研究, 1998 (3): 279.
- [6] 屠玉麟. 贵州土地荒漠化现状及原因分析[A]. 见: 李箐、何才华, 等. 石灰岩地区开发与治理[C]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1996.
- [7] 苏维词, 朱文孝. 贵州喀斯山区生态环境脆弱性分析[J]. 山地学报, 2000, 18(5): 429~434.
- [8] 杨汉奎. 喀斯特环境质量变异[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1994. 24, 85~86.
- [9] 苏维词, 朱文孝. 贵州岩溶山区生态型农业产业化发展面临的问题与对策[J]. 经济地理, 1998, 18(6): 578~582.
- [10] 王克林, 章春华. 湘西喀斯特山区生态环境问题与综合整治战略[J]. 山地学报, 1999, 17(2): 125.
- [11] 韩行瑞, 陈定容, 周游游, 等. 岩溶单元流域综合开发与治理[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 1997.

Fragile Character of Agro-ecological Environment in Karst Mountain Area of Guizhou and It's Countermeasures of Sustainable Development

GAN Lu, CHEN Gang-cai and WANG Guo-jiang

(State Key Lab of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002 China)

Abstract: Agro-ecological environment of karst mountain area in Guizhou is a fragile environment. It greatly restrains local sustainable development of agriculture. This article regards its fragility as the result of co-impact by karst natural process and human activities. As the natural process, exist of carbonate rock and its erosion by water are the natural foundation of characters of main environmental resources that include water, soil, vegetation in karst agro-ecological environment of Guizhou mountain area and their fragility. These characters and fragility are discussed in this article. Moreover, unreasonable human activities, especially destroy of forest and continue extend of dry cultivated land area which directed by surplus of population, aggravate the fragility of karst agro-ecological in Guizhou mountain area. On the basis of these, the population controlling stratagem, resource stratagem and ecological environment stratagem for agricultural sustainable development in this type of area are discussed. And some concrete countermeasures are posed here.

Key words: Guizhou; karst mountain area; agro-ecological environment; fragile; sustainable development; countermeasure