

蒋勇军.喀斯特槽谷区生态退化与修复专题导读.生态学报,2019,39(16):6058-6060.

Jiang Y J.The Eco-degradation and restoration in Karst Trough Valley Area: An introduction.Acta Ecologica Sinica,2019,39(16):6058-6060.

喀斯特槽谷区生态退化与修复专题导读

蒋勇军

西南大学地理科学学院,岩溶环境重庆市重点实验室,重庆 400715

摘要:在国家重点研发计划项目——“喀斯特槽谷区土地石漠化过程及综合治理技术研发与示范(2016YFC0502300)”的支持下,经过项目组全体成员三年的共同努力,在喀斯特槽谷区生态退化与修复方面取得了一些重要进展。主要有:(1)2000—2015年槽谷区土壤侵蚀总量逐年减少,年平均侵蚀模数逐年降低,槽谷区植被覆盖明显提高;(2)拉巴豆地埂篱根土复合体不仅能有效提高喀斯特土壤的粒径大小和增强土体的抗剪/冲性能,并且能够利用大气 N_2 合成植物生长所需的氮肥,从而提高土壤肥力,可望实现石漠化治理中生态效应和经济效应的双赢;(3)喀斯特槽谷区隧道建设改变了地下水流场并降低了地下水位,进而降低了土壤微生物丰度和多样性,而增加了适应干旱的微生物种群,并导致土壤质量的降低;隧道建设加速了坡面产流和土壤流失,加剧了土地石漠化,从而导致生态退化;(4)随着槽谷区退化生态系统的恢复,生态系统的生态服务功能得到提升。

关键词:喀斯特槽谷区;生态退化;生态修复;生态服务功能

The Eco-degradation and restoration in Karst Trough Valley Area: An introduction

JIANG Yongjun

School of Geographical Sciences & Chongqing Key Laboratory of Karst Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Supported by the national key research and development program of China, entitled “Research and development of comprehensive rehabilitation measures for land rocky desertification in karst trough valley area (2016YFC0502300)”, some important progress has been made in ecological degradation and restoration in karst trough valley area after three years’ joint efforts of all members of the project team. The most important progress includes: (1) From 2000 to 2015, the total amount of soil erosion and the annual average erosion modulus decreased year by year, meanwhile the vegetation coverage increased significantly in the trough valley area; (2) Root and root-soil matrix of *Dolichos lablab* L. hedgerows can not only effectively improve the particle size of karst soil, soil anti-scourability and soil shear strength, but also *Dolichos lablab* L. can use the atmospheric N_2 to synthesize nitrogen fertilizer for plant growth and then improve soil fertility, which is expected to achieve a win-win situation of ecological and economic effects during the rocky desertification rehabilitation; (3) Tunnels excavation in karst trough valley area altered the natural hydrogeological flow system and lowered groundwater level, and consequently reduced the relative abundance and diversity of soil microbial species, but increased the microbial population adapted to drought, leading to the decrease of soil quality. Tunnel construction also accelerated slope runoff and soil erosion, leading to aggravate land rocky desertification, and consequently led to ecological degradation in karst trough valley area; (4) With the restoration of degraded karst ecosystem, the ecological service functions of karst ecosystem have been improved in karst trough valley area.

Key Words: Karst trough valley area; Ecological degradation; Ecological restoration; Ecological service functions

1 引言

喀斯特地区的表生系统强烈受地质背景制约,是“地质-生态”复合系统^[1],喀斯特槽谷区是中国南方喀

斯特分布面积最大的地貌类型区,紧密式箱型背斜/向斜构造发育、岩层倾角大、碳酸盐岩与非碳酸盐岩互层、短距离地带性黄壤与非地带性石灰土交错出现以及高位蓄水构造频繁出露,这些因素控制着喀斯特槽谷区域水-土-生物资源的分布格局^[2],特殊地质背景上长期不合理的人类活动导致区域土地石漠化和生态退化问题突出。至 2015 年底,喀斯特槽谷区土地石漠化总面积达 21323.7 km²,占槽谷地区土地总面积(26.5 万 km²)的 8.3%,占槽谷区岩溶面积的 16.1%,其中轻度、中度和重度石漠化面积分别为 11894.8 km²、8615.8 km²和 813.1 km²,分别占石漠化面积的 55.8%、40.4%和 3.8%^[3];同时区域大型工程建设(水电、交通)改变了地下水流场,进而对生态系统产生显著的影响^[2]。

因此,在科技部重点研发计划——“喀斯特槽谷区土地石漠化过程及综合治理技术研发与示范(2016YFC0502300)”项目的支持下,聚焦喀斯特槽谷区生态退化过程与机理的科学问题,经过项目组全体成员三年的共同努力,在喀斯特槽谷区生态退化与修复方面取得了一些重要进展,因而形成了喀斯特槽谷区生态退化与修复的论文专题。

2 主要进展

该专题主要涉及到喀斯特槽谷区土壤侵蚀(石漠化)近 20 年来的变化过程、流域和坡地尺度石漠化形成演变过程与机理、隧道建设对土壤理化性质与水土流失的影响、水土流失的防控技术与效果以及生态恢复对碳酸盐岩风化过程的影响等。

2.1 喀斯特槽谷区石漠化(土壤侵蚀)演变过程与防控

操玥等^[4]在改进土壤流失模型中降雨侵蚀力因子基础上,利用槽谷区 2000、2005、2010 和 2015 年的相关数据,研究了喀斯特槽谷区的土壤侵蚀时空演变过程,发现 2000 至 2015 年间,槽谷区的土壤侵蚀总量逐年减少,平均侵蚀模数逐年降低,土壤侵蚀总量和年平均侵蚀模数分别由 61.86×10^7 t/a 减少至 2.97×10^7 t/a 和 21.61 t/hm²·a 降低至 1.04 t/hm²·a,土壤侵蚀状况整体在减轻,表明 2005 年开始的国家石漠化治理工程对槽谷区水土流失的防治起到了的良好效果。槽谷区水土流失或石漠化的形成主要还是不合理的坡地开垦导致,表现为坡耕地水土流失的强度远远高于自然植被条件下的水土流失强度^[5];同时,随着土地石漠化和植被退化,地表反照率明显增强^[6],而石笋中的灰度值降低^[7]。因此,地表反照率和石笋灰度值可以用来表征喀斯特土地石漠化与植被退化过程。

槽谷区特殊的背斜/向斜地质结构形成的顺层坡和逆层坡的水土流失过程差异明显,顺层坡的水土流失明显高于逆层坡^[8]。在此基础上,研发了顺层坡种植拉巴豆地埂篱的根土复合体的喀斯特坡地水土流失防控技术^[9],结果表明拉巴豆地埂篱根土复合体能有效提高喀斯特土壤的粒径大小,增强土体的抗剪/冲性能,有效防止水土流失;而且拉巴豆为典型的豆科植物,能够利用大气 N₂ 合成植物生长所需的氮肥,从而提高土壤肥力;同时拉巴豆本身是一种高营养高产的牧草,有较高的经济价值。因此,拉巴豆地埂篱的种植可望实现石漠化治理中的生态效应和经济效应的双赢,在喀斯特水土保持方面具有良好的推广与应用前景。

2.2 喀斯特槽谷区隧道建设的水文生态效应

喀斯特槽谷区紧密式箱型背斜/向斜构造而形成众多山地地貌,成为区域交通发展的障碍。因此,喀斯特槽谷区交通发展过程中导致隧道建设规模巨大,据不完全统计,截至 2017 年底,区内高速铁路和高速公路分别达 4000km 和 6800km,穿越喀斯特含水层的铁路和公路隧道分别为 975 座和 421 座,隧道总长达 2332 km。随着隧道建设过程中大量地下水的排放,喀斯特地表水被疏干、地下水位降低甚至改变了地下水的流场,从而带来一系列的水文生态问题。

2.2.1 喀斯特槽谷区隧道建设改变了坡面水文过程并加剧了石漠化(水土流失)

张等^[10]通过对隧道建设影响和无隧道建设影响的两个径流场的对比研究发现,隧道建设影响区的坡面产流过程明显快于无隧道建设影响区的坡面产流过程,且隧道建设影响区的地表径流系数远远高于无隧道建设影响区的地表径流系数;同时,隧道建设影响区的土壤侵蚀模数远远高于无隧道建设影响区的土壤侵蚀模

数,这表明隧道建设改变了槽谷区坡面水文过程并且加剧了槽谷区土地石漠化。

2.2.2 喀斯特槽谷区隧道建设改变了土壤微生物群落结构和土壤理化性质

喀斯特槽谷区隧道建设排水造成地表水被疏干和地下水位降低,切断地表水、地下水与土壤水之间的联系,从而导致土壤水分降低,进而引起土壤微生物群落与功能变化^[11],表现为土壤微生物丰度和多样性降低,而适应干旱的微生物种群的增加^[11];随着隧道建设带来的土壤湿度以及土壤微生物丰度和多样性的降低,土壤 CO₂浓度显著降低^[12],从而改变土壤结构和土壤理化性质^[10-12],主要表现为隧道建设排水造成土壤容重和粘粒的增加,而有机质和养分含量的下降,最终导致土壤质量的降低。

2.2.3 喀斯特槽谷区隧道建设导致的生态退化

隧道建设排水带来的土壤水分和土壤质量变化,不可避免地导致植物生态过程的变化,土壤水是季节性和工程性缺水的喀斯特地区植物生长的限制性因素,随着隧道建设排水,土壤水分降低,植物利用水源和利用水分效率将发生变化来维持其生长,进而影响植物的生长过程,最终导致区域植物多样性和生物量的变化,以及生态的退化。尽管该部分的研究成果未在此专题发表,但这是喀斯特槽谷区隧道建设的重要生态效应之一,也是喀斯特槽谷区生态面临的一个主要问题和将来的重要研究方向。

2.3 喀斯特槽谷区生态恢复的环境效应

李^[13]等基于碳酸盐岩热力学溶蚀模型估算了 1992—2017 年喀斯特槽谷区碳酸盐岩风化碳汇通量(CSF),利用 Lindeman-Merenda-Gold 模型定量评估了气候及生态恢复因子对槽谷区 CSF 的相对贡献率。发现:槽谷区植被覆盖度增加速率为 0.004/a,特别是 2005 年以来随着国家石漠化治理工程的实施,槽谷区植被覆盖和生态系统得到明显的改善,其增加区域的面积占比达到了 95.07%;随着槽谷区喀斯特生态系统的恢复,碳酸盐岩风化碳汇效应增加,植被恢复对碳酸盐岩风化碳汇通量的贡献率约为 11%,表明恢复喀斯特生态系统的生态服务功能得到提升。

参考文献(References):

- [1] 曹建华,袁道先. 受地质条件制约的中国两南岩溶生态系统.北京:地质出版社,2005.
- [2] 蒋勇军,刘秀明,何师意,何丙辉,谢建平,罗维均,白晓永,肖琼. 喀斯特槽谷区土地石漠化与综合治理技术研发. 生态学报, 2016, 36(22): 7092-7097.
- [3] 王正雄,蒋勇军,张远瞩,段世辉,刘九缠,曾泽,曾思博. 基于 GIS 与地理探测器的岩溶槽谷石漠化空间分布及驱动因素分析. 地理学报, 2019, 74(5): 1025-1039.
- [4] 操玥,王世杰,白晓永,李汇文,陈飞,王明明,吴路华,许燕,李琴,田诗琪,杨钰杰,李朝君,胡泽银,邓元红,路茜,习慧鹏,陈欢,王金凤,冉晨,罗旭玲. 喀斯特槽谷区土壤侵蚀时空演变过程分析及未来情景模拟. 生态学报, 2019, 39(16): 6061-6074.
- [5] 吴泽,蒋勇军,姜光辉,王正雄,贺秋芳,白莹. 中梁山岩溶槽谷区不同土地利用方式坡地产生流规律. 生态学报, 2019, (16): 6072-6082.
- [6] 王明明,王世杰,白晓永,李世杰,李汇文,操玥,习慧鹏. 典型小流域喀斯特石漠化演变特征及其关键表征因子与驱动因素分析. 生态学报, 2019, 39(16): 6083-6097.
- [7] 张瑞,杨勋林,刘秀明,殷建军,刘睿恺,王宝艳. 渝东南近 100 年石笋灰度变化及气候环境意义. 生态学报, 2019, 39(16): 6098-6106.
- [8] 贾洪杰,甘凤玲,李振轮,黄雪娇,冯密,冯适,毛鑫羽. 岩层倾向对南方喀斯特地区坡耕地土壤理化性质的影响. 生态学报, 2019, 39(16): 6107-6113.
- [9] 唐菡,谌芸,刘泉宏,何丙辉,李勇,强娇娇,李铁. 喀斯特坡地拉巴豆地埂篱根及根-土复合体力学特性研究. 生态学报, 2019, 39(16): 6114-6125.
- [10] 张远瞩,蒋勇军,李勇,王正雄,段世辉,吴韦,彭学义,王冬. 隧道工程对喀斯特槽谷区坡面产流及土壤侵蚀的影响. 生态学报, 2019, 39(16): 6126-6135.
- [11] 王家楠,蒋勇军,贺秋芳,范佳鑫,何瑞亮,吴超. 中梁山岩溶槽谷区荒草地土壤微生物群落对隧道建设的响应. 生态学报, 2019, 39(16): 6136-6145.
- [12] 吴韦,贾亚男,蒋勇军,彭学义,段世辉,刘九缠,王正雄,卫敏洁. 典型岩溶槽谷区土壤 CO₂浓度变化对隧道建设的响应研究——以重庆市中梁山岩溶槽谷为例. 生态学报, 2019, 39(16): 6146-6157.
- [13] 李汇文,王世杰,白晓永,操玥,田义超,罗光杰,陈飞,李琴,吴路华,王金凤,王明明,田诗琪,邓元红,胡泽银,杨钰杰,李朝君,路茜,习慧鹏,陈欢,冉晨,罗旭玲. 气候变化及生态恢复对喀斯特槽谷碳酸盐岩风化碳汇的影响评估. 生态学报, 2019, 39(16): 6158-6173.