

国家重点研发计划项目

喀斯特峰丛洼地石漠化综合治理与生态服务功能提升技术研究示范

(项目编号: 2016YFC0502400)

项目简报

[2017] 第 2 期 总第 3 期

2017 年 7 月 1 日

目录

课题一工作进展情况.....	1
课题二工作进展情况.....	5
课题三工作进展情况.....	11
课题四工作进展情况.....	18
课题五工作进展情况.....	24
课题六工作进展情况.....	30

国家重点研发计划项目(2016YFC0502400)管理办公室

首席科学家: 王克林

地址: 湖南省长沙市芙蓉区远大二路 644 号中科院亚热带农业生态研究所

联系方式: 0731-84615201

第一课题“生态工程背景下区域石漠化演变机制及治理成效评估”

2017年第二季度完成了喀斯特峰丛洼地地区多时相（2000-2005-2010-2015）与长时序（1982-2015逐月）卫星遥感数据预处理，开展了典型小流域石漠化治理成效综合监测站建设、石漠化恢复的土壤过程机理研究样地设置、以及典型人工林与自然林不同恢复过程样地调查，初步提出了石漠化恢复过程逆转的生态风险评估研究方法，揭示了典型喀斯特地区植被恢复与不同石漠化程度时空演变特征。相关结果发表论文6篇。

数据处理与野外样地调查

完成了喀斯特峰丛洼地地区多时相 Landsat 影像土地利用与生态系统类型遥感分类及滇桂黔长时间序 NDVI 产品(1982-2015年)的生成与预处理。开展了广西环江、平果和龙州三个县域内典型生态工程区（灌草封育恢复、森林恢复、经济植被恢复、耕作干扰、人为轻度干扰、火烧干扰）及人工林和自然林不同恢复过程森林样地野外调查和土壤植被样品采集工作，采集典型峰丛洼地石漠化区域（广西平果县）表层土样 2544 件、深层土样 641 件。

完成了典型峰丛洼地小流域石漠化治理成效综合监测站建设，2017年上半年完成果化示范区修缮建设工作，新建岩溶区水土流失径流场 10 个，选取治理区与非治理区，集成点上定位观测、面上遥感监测及生态过程模型，研究自然和人类活动对峰丛洼地石漠化格局演变的关键影响机制，为动态监测研究区石漠化、水土流失等空间格局动态变化过程，追踪各个空间单元石漠化时序轨迹，分析驱动示范区石漠化演变的自然和人为因素。

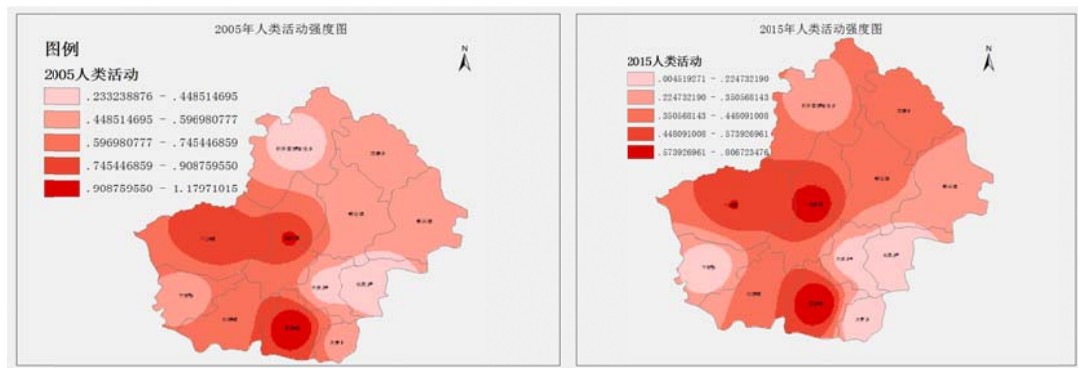


典型小流域石漠化治理成效综合监测站建设

石漠化恢复逆转的生态风险评估方法

喀斯特生态系统恢复力概念辨析与理论构建：生态系统恢复力包括系统在维持自身功能和结构不变的前提下，能抵御的外部干扰的总量；系统在受到干扰后的自组织的能力；系统学习与适应能力，反映系统承受干扰时的学习与调节能力。使用盆地模型对喀斯特生态系统恢复力进行描述。稳定性景观中恢复力的构成主要有四个元素：范围-系统在丧失恢复能力前可改变的最大量；抗性-改变系统状态的难易程度；不稳定性-系统距阈值的距离；扰沌-由于跨尺度相互作用，局部尺度上系统的恢复力将受到不同尺度上系统状态及其变化的影响。外部驱动因子和内部过程都可导致稳定性景观的改变，管理者的目标就是使系统维持于所需的盆地中，防止系统进入不需要的盆地（一旦发生很难恢复）。

人类活动强度量化：通过建立人类活动强度指数(Human Activity Intensity Index, HAI)，对人类活动的干扰程度进行定量和空间化。人类活动强度是指一定面积区域受人类活动的影响而产生的扰动程度，受工业活动强度，交通活动强度和农业活动强度的影响，所以，将三者作为影响人类活动强度的关键。①工业活动强度受工业总产值，人均纯收入和城镇面积的影响，工业总产值越大，工业活动强度就越高。②农业活动强度受农村人口，农业总产值，粮食总产量的影响，粮食总产量，农业总产值，农村人口的数量越高，农业活动强度就越明显。③交通活动强度受铁路密度和公路密度的影响，铁路密度和公路密度越大，交通活动强度就大。以喀斯特典型区环江县为例，搜集 2005 年和 2015 年环江县各个乡镇的工业、农业和交通活动指标数据，建立了人类活动强度模型，根据权重进行空间分析，实现了典型喀斯特地区人类活动强度定量研究。

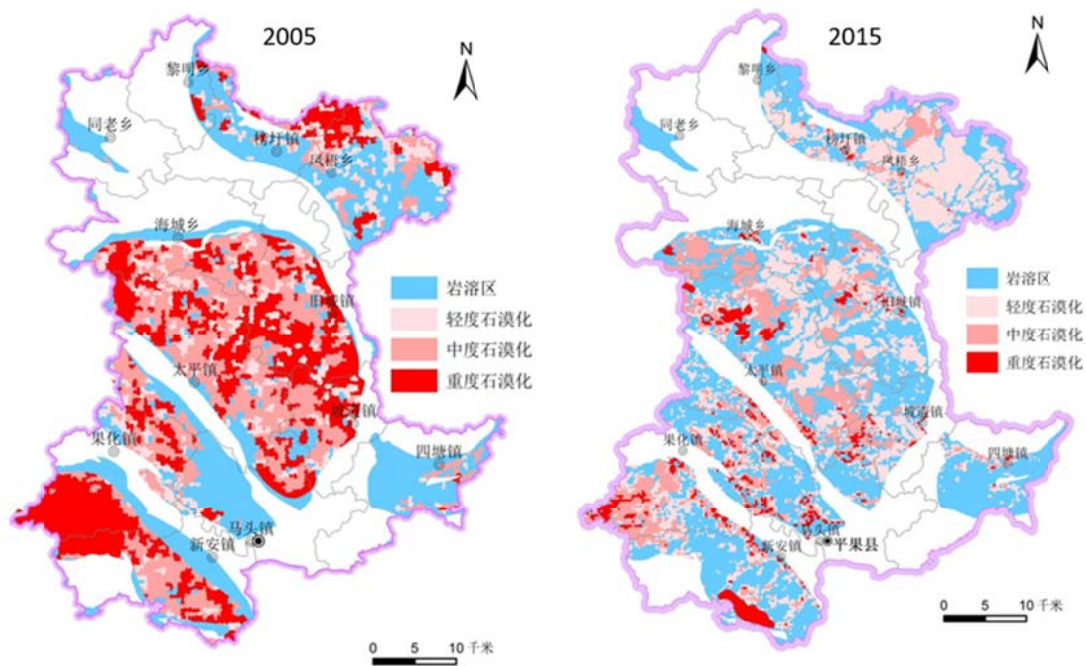


典型喀斯特地区人类活动强度变化

典型小流域石漠化治理成效遥感动态调查

利用中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心果化示范区国产卫星高分辨率影像融合产品，采用 Landsat 系列、资源一号 02B、MODIS 卫星数据，开展了 2005 年和 2015 年典型小流域石漠化治理成效遥感动态调查，调查面积 2485 平方千米，厘清岩溶分布面积 1539.3 平方千米，初步查明了典型小流域岩溶石漠化分布现状和动态变化特征。石漠化主要发生在纯灰岩以及灰岩夹碎屑岩区。

对比 2005 年和 2015 年遥感影像分析得出，经过长期综合石漠化治理工程，2015 年平果县石漠化面积由 1039.5 平方千米减少到 802.2 平方千米，10 年时间减少了 22.8%。其中重度石漠化由 499.8 平方千米减少到 69.1 平方千米，减少了 86.2%，减少比例最大；中度石漠化由 416.6 平方千米减少到 258.6 平方千米，减少了 37.9%；而轻度石漠化由 197.3 平方千米增加到 474.5 平方千米，增加了 140.5%，增加比例最大。平果县石漠化面积呈现递减趋势，主要表现为重度石漠化向中度、轻度石漠化转变，轻度石漠化占石漠化面积 50%以上。



典型峰丛洼地区域（广西平果县）石漠化动态变化

发表文章

[1] Xiaowei Tong, Kelin Wang, Yuemin Yue, Martin Brandt, Bo Liu, Chunhua Zhang, Chujie

Liao, Rasmus Fensholt. Quantifying the effectiveness of ecological restoration projects on long-term vegetation dynamics in the karst regions of Southwest China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2017, 54:105–113.

- [2] 张雪梅, 王克林, 岳跃民, 童晓伟, 廖楚杰, 张明阳, 姜岩. 生态工程背景下西南喀斯特植被变化主导因素及其空间非平稳性. *生态学报*, 2017, 37(12): 4008-4018.
- [3] 梁建宏, 吴艳宏, 周俊, 王吉鹏, 王晓晓, 李睿, 土壤类型对优先流路径和磷形态影响的定量评价, *农业机械学报*, 2017, 48(01): 220-227。(EI)
- [4] 李燕, 周游游, 胡宝清, 闫妍. 基于 3S 技术的南北方典型区荒漠化演变特征对比研究. *广西师范学院: 自然科学版*, 2017, 34(1): 82-90.
- [5] 李燕, 周游游, 胡宝清, 闫妍. 基于 TRMM 数据的广西西江流域降水时空分布特征. *亚热带资源与环境学报*, 2017, 12(1): 75-82, 88
- [6] 谢余初, 巩杰, 齐姗姗, 胡宝清, 王克林. 基于综合指数法的白龙江流域生物多样性空间分异特征研究. *生态学报*, 2017, 37(19).

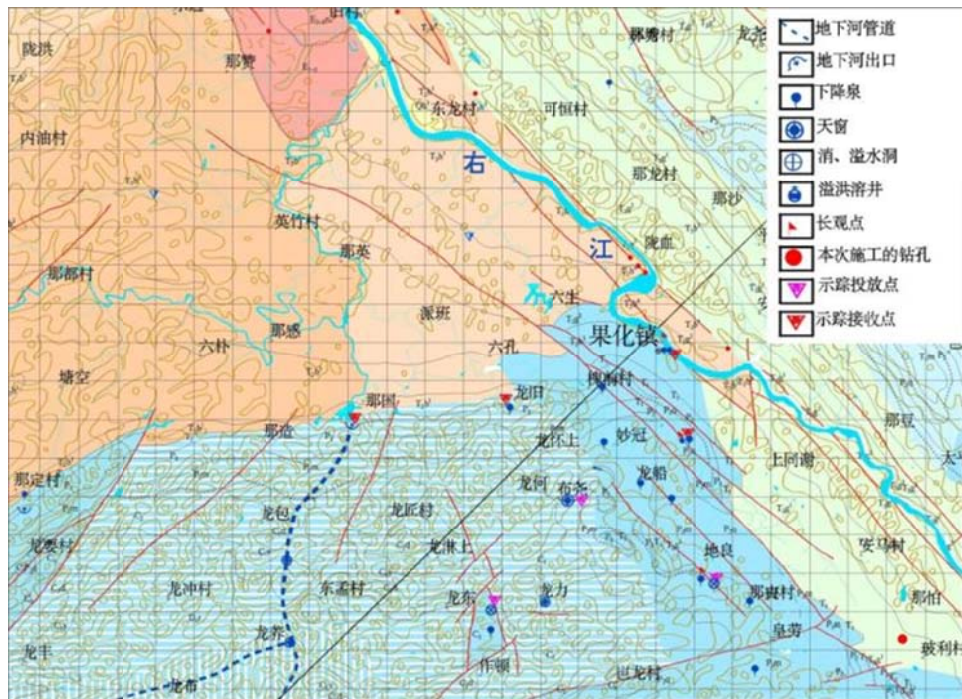
主题词: 数据处理、典型工程类型区、石漠化、植被恢复、研究成果

第二课题“地表-地下水资源综合调控与高效利用技术”

2017年第二季度主要开展了平果县研究区小流域水化学调查、果树需水量试验分析、示踪试验点野外调查与示踪试验等工作，在环江研究区开展了自然恢复喀斯特坡地不同生境植物群落结构差异特征、喀斯特坡地桉树人工林水分来源季节性差异特征等研究，在武汉理工大学室内实验室开展了人工湿地水窖水质处理单元构建和 pH、浊度、CODMn、总硬度、臭和味、肉眼可见物、溶解性总固体浓度等指标以及水质的测定工作。

示踪试验点的调查与示踪试验

根据前期野外调查资料，结合野外示踪试验的要求，开展了示踪试验点的重要调查，确定了果化流域地下河示踪试验的工作部署，目前正在开展示踪试验。



地下河示踪试验工作部署

自然恢复喀斯特坡地不同生境植物群落结构差异特征

以喀斯特出露基岩生境和土石混合生境植物群落为研究对象，通过调查不同坡位两种生境植物的分布状况，分析了典型喀斯特生境植物群落物种组成、类型、结构和物种多样性等的差异特征及其坡位分异规律。结果发现，土石混合生境物种丰富度高于出露基岩生境，成因可能与两种生境的基质特性和干扰历史的差异

相关。土石混合生境植物分布随坡位由下至上呈现出乔灌数量减少而草本逐渐增多的趋势，而出露基岩生境植物分布数量沿坡分异规律不显著；另外，研究区虽已撂荒恢复 30 余年，土石混合生境木本植物仍然以先锋灌木为主，出露基岩生境群落则以高演替阶段植物种为主，且生境内多数广布种极有可能入侵到土石混合生境等。该研究结果强调了针对不同生境类型开展相关研究的重要性，同时为探讨人工诱导喀斯特退化生态系统植被正向演替与构建植被恢复技术体系提供科学依据。

典型喀斯特坡地出露基岩及邻近土石混合生境物种组成总体特征.

	出露基岩生境	土石混合生境
种	60 (30.3±4.5a)*	72 (51.0±3.5b)
属	51 (28.7±4.4a)	60 (42.3±2.3b)
科	37 (23.7±3.7a)	39 (27.3±4.3a)
乔	23 (11.7±0.3b)	10 (8.0±1.5a)
灌	25 (15.3±2.7a)	36 (27.3±4.7b)
草	8 (4.0±2.0a)	26 (15.7±3.5b)
单科单属	26	26
单科单属单种	24	23

*总数 (均值±标准差); 同一行的不同小写字母表示 $P < 0.05$ 水平上的差异。

生境类型 (H), 坡位 (SP) 以及二者交互作用 (H×SP) 对出露基岩及邻近土石混合生境物种组成的影响

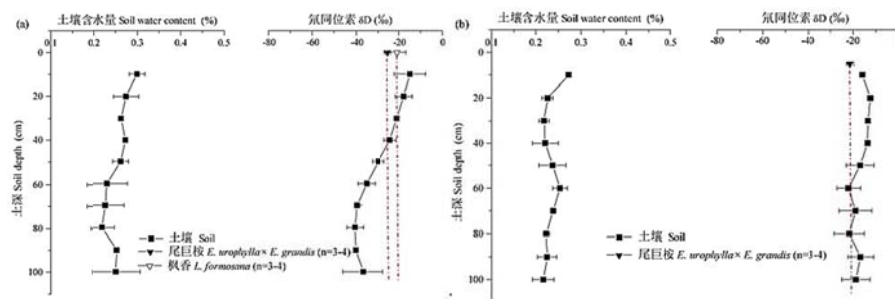
分类	因子	F 值	P 值	生活型	因子	F 值	P 值
科	H	7.440	0.026*	乔	H	26.036	0.001**
	SP	2.012	0.194		SP	0.036	0.855
	H×SP	8.679	0.019*		H*SP	0.321	0.586
属	H	78.013	< 0.001***	灌	H	100.522	< 0.001***
	SP	4.750	0.061		SP	8.696	0.015*
	H×SP	8.224	0.021*		H*SP	22.261	0.002**
种	H	287.439	< 0.001***	草	H	76.056	< 0.001***
	SP	7.018	0.029*		SP	4.500	0.067
	H×SP	15.789	0.004**		H*SP	9.389	0.015*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

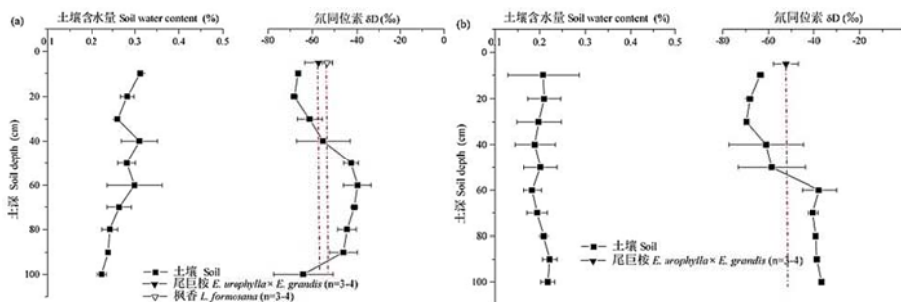
喀斯特坡地桉树人工林水分来源季节性差异特征

利用稳定性氢氧及碳同位素技术，与邻近乡土植物枫香比较，对喀斯特坡地尾巨桉水分来源与水分利用效率的季节性差异进行研究，分析喀斯特地区桉树人

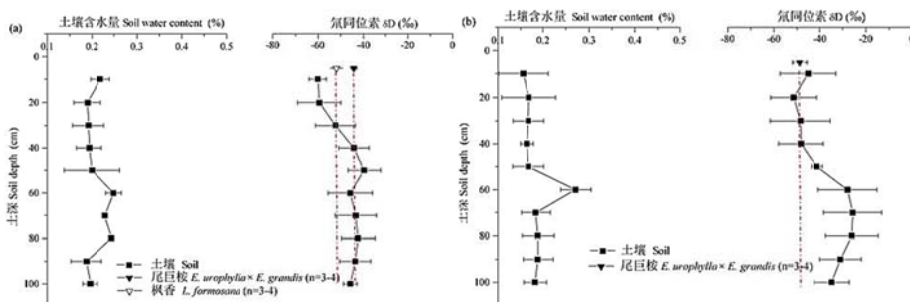
工林建设的干旱胁迫风险。结果表明：浅层(0~50 cm) 土壤水同位素值渐变特征明显且与近期雨水同位素值相近，而深层(50~100 cm) 土壤水同位素值整体较稳定且明显区别于浅层。土壤含水量整体呈现雨季(5、9月) 高于旱季(10月)，且上坡高于下坡的基本特征。枫香不受旱、雨季土壤含水率差异的影响，始终以浅层土壤水为主要水源，水分利用效率持续较高。尾巨桉水分来源受不同季节、坡位土壤含水率差异的影响：雨季上坡以浅层土壤水为主，雨季下坡对深层土壤水利用比例明显增加；旱季上坡主要利用较深层水分，旱季下坡依赖浅层土壤水。桉树水分利用效率始终低于枫香，但旱季时显著升高。尾巨桉水分来源灵活多变，但干旱条件下水分利用效率显著升高，表明其并未能获得充足的水分供应，预示着生长速率及经济收益遭受负面影响，干旱致死的风险较高。



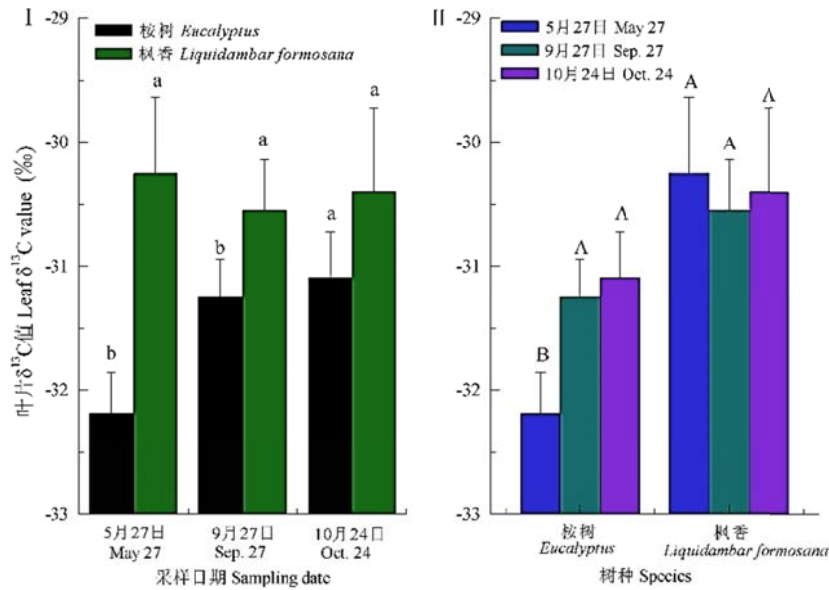
雨季初桉树和枫香植物水分来源，误差线为标准差。(a: 上坡; b: 下坡)



雨季末桉树和枫香植物水分来源，误差线为标准差。(a: 上坡; b: 下坡)



旱季桉树和枫香植物水分来源，误差线为标准差。(a: 上坡; b: 下坡)



喀斯特坡地尾巨桉和枫香叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 值季节性差异

雨水收集-太阳能消毒一体化构建

构建了雨水收集-太阳能消毒一体化模块，初步完成了雨水收集-预处理-深度处理-太阳能消毒系统的研制。雨水收集依托太阳能板作为收集面，在太阳能板下端构建了沟槽，使雨水流入蓄水池，完成对雨水的收集，其中，太阳能板集水面积为 14m^2 ，可有效收集 0.6m^3 。太阳能消毒采用太阳能供电—紫外灯杀菌的模式。太阳能系统由太阳能板-蓄电池-逆变器三部分组成，太阳能板将热能转换为电能并蓄于电池中，通过逆变器转换为 220V 交流电供紫外消毒器使用。太阳能板由 8 块 265 瓦多晶板组成，可有效提供 2000W 左右的功率；蓄电装置由 8 组电池拼装而成，日蓄电量为 9.6 度，可满足紫外消毒装置及材料制作设备的运转。紫外消毒装置是利用波长为 225nm - 275nm 的紫外光对微生物的强烈杀灭作用进行消毒，杀伤力强，可有效杀死水中的细菌，病毒，霉菌浮躁等微生物，杀菌率达 99.99% ，作用时间短。当水流经处理器时，经紫外线照射，水中的细菌即被杀灭，其相比于臭氧消毒、次氯酸钠消毒具有简易环保，成本低，效果好的优点。其日处理量为 12m^3 。



雨水收集-太阳能消毒一体化系统



紫外消毒装置

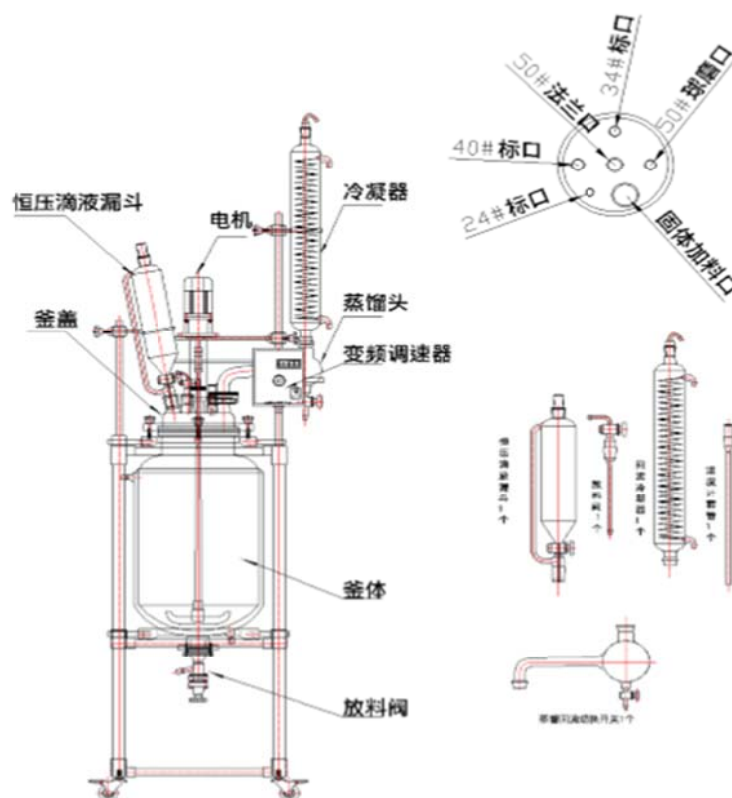
生物质高吸水树脂产品扩大试验

高吸水材料的传统聚合法包括水溶液聚合、反相悬浮聚合、反相乳液聚合。水溶液聚合设备要求简单，成本较低，使用的最多。本试验采用水溶液聚合法，水溶液聚合设备选用聚合反应釜、水浴锅等。

本次反应釜聚合扩大试验，依托上海况胜实业发展有限公司生产设备进行，原料丙烯酸、氢氧化钠、羧甲基纤维素钠、过硫酸钾、N,N-亚甲基二丙烯酰胺，

按照最优配方进行扩大试验。具体步骤如下:将该吸水材料在 10min 时达到饱和吸水量的 65%，在 40min 时吸水量趋于平缓，60min 后吸水率百分比可达 93%，接近饱和吸水量。二元共混高吸水树脂通过重复吸水率性能测定，随着重复次数的增加，树脂产品在反复吸水、失水过程中，吸水速率逐渐降低，但其在重复吸水 5 次后，吸水倍率仍然可达到一次饱和吸水倍率的 72%。综合以上性能测定，在最佳制备工艺下，该吸水树脂有较优良的吸水性能。

丙烯酸加入原料釜体中，由恒压滴液漏斗中慢慢加入 20%氢氧化钠溶液，电动搅拌器以一定转速搅拌，当温度上升超过 50℃时，停止投料，反应釜夹层中通水降温，温度降低至 30℃以下时，继续投料直到投料完毕。将浆料放出至烧杯中，通入氮气，加入蒸馏水、羧甲基纤维素钠、交联剂 N,N 一亚甲基丙烯酰胺、引发剂过硫酸钾，继续通氮气，搅拌至浆料明显粘稠状。静置其变为棕黄色胶体后，洗涤干燥完全后，磨碎筛分，取 20-80 目颗粒包装成产品。



产品制备装置示意图

主题词： 水文地质勘查、示范工程选址、水文过程、微滤膜、水质、吸水材料

第三课题“水土流失/漏失关键过程与阻控技术”

2017年5月在贵州省息烽县、印江县展开高原喀斯特地貌考察，更具体地了解喀斯特地貌区域性特点，以更具针对性的开展峰丛洼地喀斯特水土漏失研究工作。



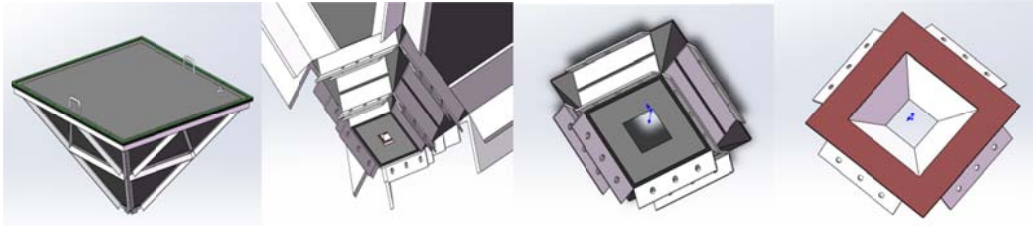
息烽县和印江县考察

在完成喀斯特峰丛洼地岩石裂隙水土漏失过程模拟试验装置设计工作的基础上，2017年第二季度完成设备样品制作，并进行样品试验及改进工作，设计完成具体试验方案。

运用矩形石板（长 30 cm，宽 20 cm，厚度 5 mm）设计模拟裂隙直径分别为 5 mm、10 mm、20 mm、50 mm，设计水头压力分别为 0.5 m、1 m、2 m、5 m、10 m，填土深度分别为 10 cm 和 20 cm。①模拟不同裂隙填充土壤的厚度，在不同水头压力条件下，不同裂隙大小，试验不同填土深度条件下，水流渗流速度及裂隙中土壤的蠕动运移速度。②研究不同裂隙大小，不同填土深度条件下，裂隙填充土柱快速运动被击穿的临界静水压力临界条件。③研究不同裂隙大小，对浑水的渗漏过水能力。完成喀斯特峰丛洼地“坡面孔洞漏失模拟试验装置”设计工作，并开始样品制作。



喀斯特峰丛洼地岩石裂隙水土漏失过程模拟试验装置



峰丛洼地漏斗状裂隙试验装置

运用梯形石板设计模拟上部积水情况下裂隙水土漏失过程。试验设计梯形石板组建锥台，上口呈正方形 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ ，下口呈正方形，设计三种尺寸，代表三种渗漏口大小，边长分别为 1 cm 、 2 cm 、 5 cm 。设计 3 种锥度，分别为 15° 、 30° 、 45° 。上口加盖，可以加压，代表地表不同的积水深度，水头压力设计 5 个水头，分别为 0.5 m 、 1 m 、 2 m 、 5 m 、 10 m ，填土深度为设计深度的 1 和 0.5 个单位。

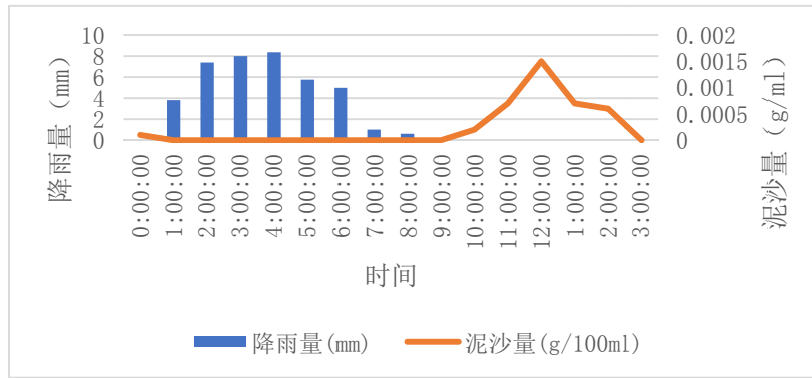
完成野外监测站点建设，在前期工作基础上，新建坡耕地水土漏失对比径流小区 12 个、水土流失坡面径流区 10 个、漏水洞水土流失监测系统 4 个和 10 个固定土壤剖面监测站，建设排水沟 400 米、落水洞坊 7 个、6 个火龙果种植试验区、6 个黄花梨、牧草与植物篱笆试验区建设，配套安装浊度、土壤水分、蒸散发自动监测仪器 3 台和土壤团聚体分析仪 1 台，增加浊度、蒸发、土壤、植物营养监测指标，完善果化示范区龙烈洼地土地整理—落水洞整治—内涝防治综合整治模式试验与示范建设，有效解决龙烈洼地内涝灾害问题，挽救了龙烈洼地 60 亩耕地，抵制了强降雨不受水淹，首创岩溶峰丛洼地落水整治—内涝防治技术，引进火龙果新品种 6 个，开展辣木、火星果、赤苍藤、黄花梨、金银花、牧草等 10 种经济植物种植试验 6 亩 7000 株，实施薜荔植物篱试验 2 亩。持续开展 3 个表层岩溶泉、3 个小流域水土流失监测站、5 个水土流失径流小区、4 个落水洞监测系统、12 个坡耕地对比径流小区地表与地下水水土漏失监测。采集水样 500 件，泥沙分析 300 件。监测结果表明，累积降雨使得地表土壤或者岩缝中土壤随快速渗流到泉水中，使得泉水中泥沙含量升高，达到最大值以后，慢慢下降直到泥沙含量变为零，泉口泥沙峰值滞后与降雨峰值 8-9 个小时。



龙怀小流域水土流失监测站



光诱导火龙果种植试验



2017年5月15日降雨与泉水泥沙变化图



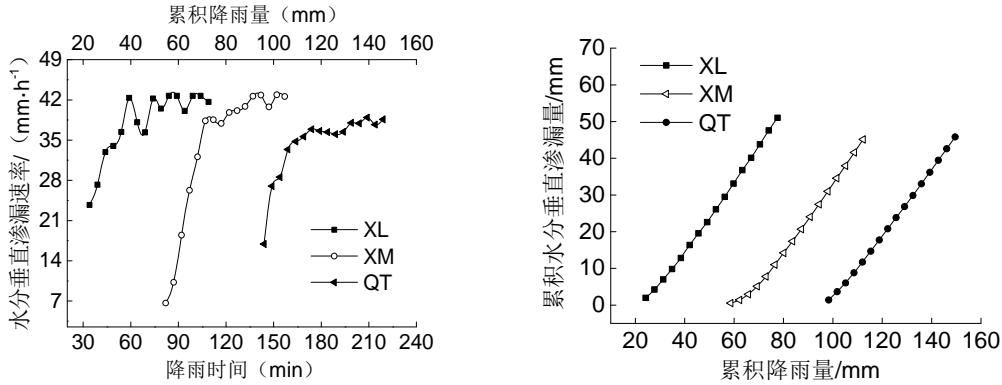
黄花梨种植试验



排式火龙果引种试验

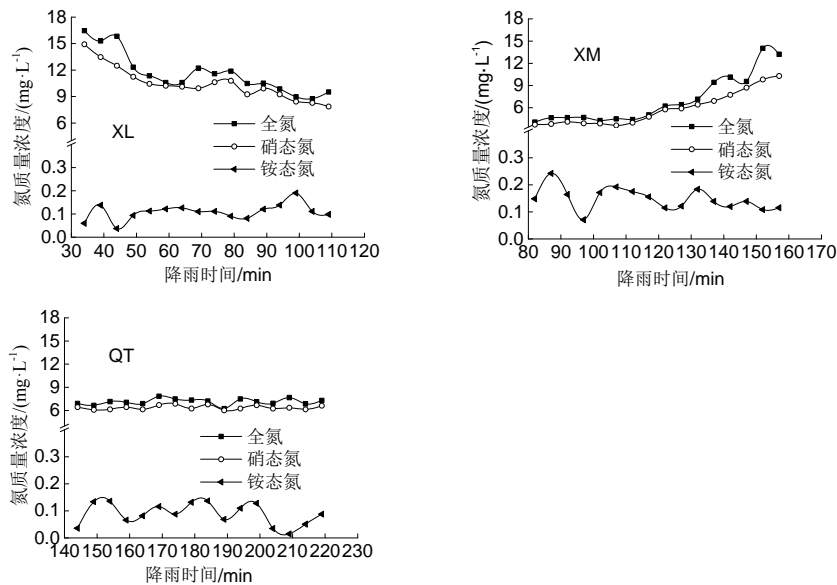
裂隙出露型岩土 (XL)、裂隙埋藏型岩土 (XM) 和全土 (QT) 3 个处理中地下径流对降雨的响应时间表现为 $XL > XM > QT$, 其初始地下产流时间分别是 29, 77, 139 min, 以 QT 的初始地下产流时间为基准, XL 和 XM 初始地下产流时间分别减少了 79.14%, 44.60%; 降雨产流阈值分别为 20.64, 55.06, 94.90 mm, 以 QT 的降雨产流阈值为基准, XL 和 XM 的降雨产流阈值分别减少了 78.25%, 41.98%; 地下径流达到稳定的时间分别为 59, 107, 169 min, 稳定径流速率分

别为 42.09, 42.36, 38.24 mm/h。



不同结构形态岩溶裂隙微区地下径流速率和不同结构形态岩溶裂隙微区累积地下径流变化

地下径流过程中, XL 全氮、硝态氮浓度最高, 浓度均值分别达 11.64, 10.45 mg/L, 全氮、硝态氮浓度整体呈下降趋势, 且在降雨初期下降较快, 在后期下降趋势相对平缓。XM 全氮、硝态氮浓度在降雨历时 110 min 之前, 渗漏浓度较低, 而后浓度呈上升趋势, 其全氮、硝态氮浓度由地下径流初期的 4.07, 3.73 mg/L 增加至降雨结束前的 12.22, 10.29 mg/L。QT 全氮、硝态氮浓度在整个降雨过程中一直较稳定, 这主要是因为 QT 土壤体积大, 降雨历时久, 在地下径流之前, 土壤与雨水已发生了充分的淋溶作用, 而又由于土壤体积相对较大, 能够为氮素渗漏提供更多的氮源, 故全氮、硝态氮保持比较平稳的渗漏浓度。各微区铵态氮渗漏浓度表现出相似的特征, 其铵态氮渗漏浓度都很低, 围绕 0.1 mg/L 波动。

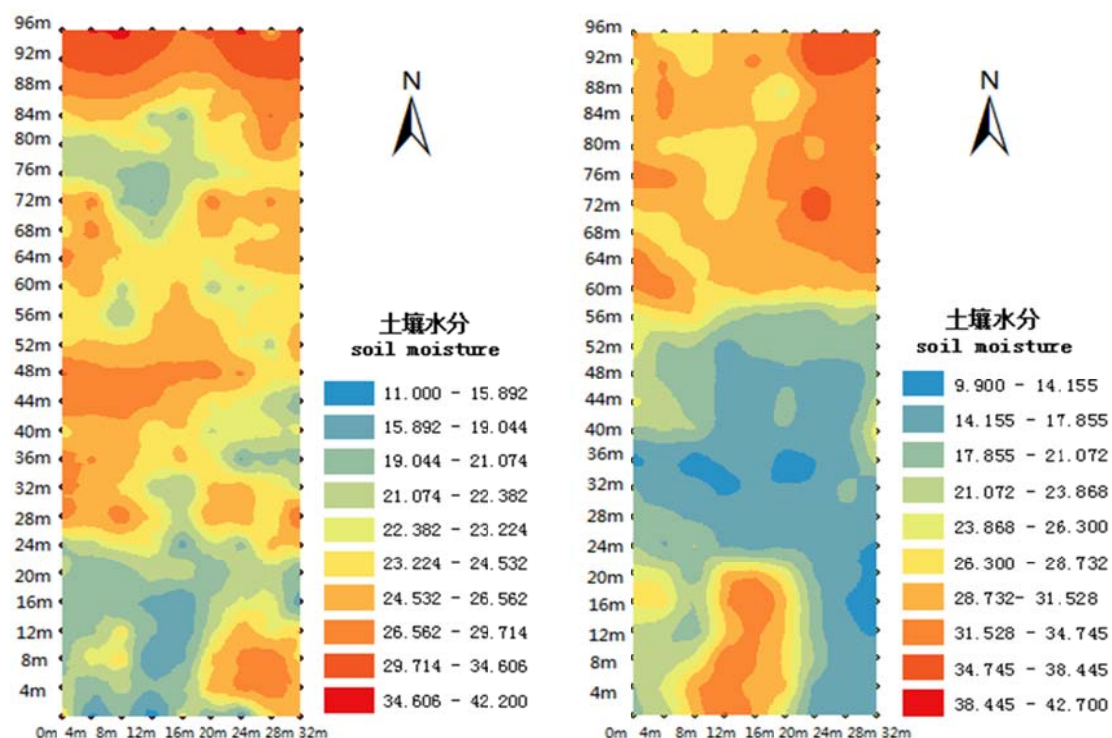


不同结构形态岩溶裂隙微区氮素浓度变化特征

选择典型峰丛洼地坡面,对比分析了坡地和梯田土壤含水量的空间变化的特征。试验结果表明,在旱季,人为扰动少的坡地灌木林地土壤含水量最高,体积含水量平均值为 32.81%,梯田菜地和梯田柑橘地的含水量显著小于坡地裸地和坡地灌木林地,其中梯田柑橘地含水量最低,平均值为 19.98%;在雨季,梯田菜地表层土壤含水量也显著小于坡地裸地和坡地灌木林地土壤,但梯田柑橘地的表层土壤含水量与坡地没有显著差别;梯田休闲地在雨季翻耕后,土壤含水量显著小于其它样地,土壤含水量平均值只有 17.36%。

从坡面土壤含水量的空间分布图可以看出,人为扰动频繁的梯地菜地含水量显著小于其它用地,而人为扰动较少、植被覆盖度高坡地灌木林业不管在雨季和旱季,土壤含水量都较高。坡面旱季、雨季的基台值分别为 0.0313、0.1684,反映样区在雨季的土壤水分总的变异程度较大。

通过对梯田石坎不同距离(10cm、20cm、30cm、40cm、50cm)处采样测其土壤含水量,结果表明,虽然距石坎距离对土壤含水量的影响不显著,但随着距离石坎的距离增大,土壤含水量也相应减少。通过 3 个田坎的数据表明,田坎虽然改变局部的土壤水分分布,但是随着尺度的增加,这种影响会慢慢消失,基本与平均水平保持一致。



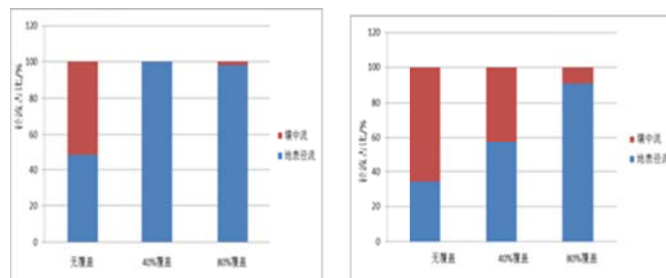
土壤含水量空间分布图

梯田田坎周围土壤含水量

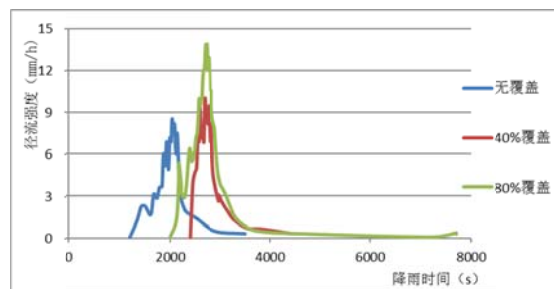
		与田坎距离 (cm)					变异系数
		10	20	30	40	50	(%)
1-2 田坎	上	26.70±1.3	23.71±3.0	24.83±3.1	24.43±3.1	24.10±1.8	11.27
	下	27.95±4.5	25.18±4.8	26.75±4.0	25.09±2.9	23.61±3.6	16.84
2-3 田坎	上	26.07±3.0	26.29±1.7	26.31±1.8	25.16±1.6	25.67±3.6	9.7
	下	28.3±3.0	28.4±2.1	27.28±3.1	25.01±3.0	24.3±3.7	13.05
3-4 田坎	上	22.4±4.0	22.27±3.7	24.43±5.1	21.69±2.1	23.44±3.7	17.50
	下	25.66±3.4	25.85±3.6	24.95±1.7	24.56±3.6	22.08±3.9	14.76

秸秆覆盖措施对坡耕地水文过程的影响:为研究稻草秸秆覆盖措施对坡耕地玉米全生长期降雨产流、土壤水分变化的影响,设置了不同坡位、不同覆盖度的径流小区。

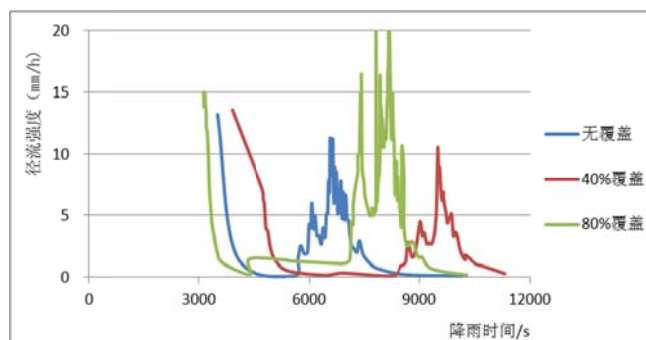
部分场次的降雨观测试验结果表明:稻草秸秆覆盖改变了地表径流和壤中流在总径流中的比例,无覆盖小区壤中流占比 51%~65%,40%覆盖度小区壤中流占比 0%~42%,80%覆盖度小区壤中流占比 2%~9%;雨强较大时,80%覆盖度的小区大幅增加地表径流,秸秆覆盖还有可能加剧水土流失,秸秆覆盖措施在峰丛洼地的应有还需进一步研究。



4.17 和 4.21 两场降雨中不同覆盖度径流小区的径流比例



4 月 17 日降雨中地表径流变化过程



4月21日降雨中地表径流变化过程

发表论文情况

- 1) 蒋忠诚,罗为群等.21世纪西南岩溶石漠化演变特点及影响因素, 中国岩溶, 2016, 35(5):461-468.
- 2) 吴泽燕, 胡宝清,罗为群等.近17年广西平果县植被覆盖度变化分析[J]. 环境与可持续发展, 2017,1.
- 3) 黄静,胡宝清,罗为群,吴泽燕等,用流域系统的观点看待广西西江流域石漠化及其治理, 环境与可持续发展.(已录用)
- 4) 吴泽燕,罗为群,蒋忠诚等.不同改良方案岩溶土壤冬季呼吸日变化分析[J].广西师范大学学报(自然科学版)。(已录用)
- 5) 朱晓锋, 陈洪松, 付智勇*, 王克林, 张伟, 徐勤学, 方荣杰. 喀斯特灌丛坡地土壤-表层岩溶带产流以及氮素流失特征. 应用生态学报, 2017, 28(7). DOI: 10.13287/j.1001-9332.201707.029. (第一标注)
- 6) 张兴, 王克林, 付智勇*, 陈洪松, 张伟, 史志华. 桂西北白云岩坡地典型土体构型石灰土水文特征.应用生态学报, 2017, 28(7). DIO:10.13287/j. 1.1001-9332.2017.028. (第一标注)

主题词: 研究进展、试验设备研发、试验开展

第四课题“有机物资源利用与退化土地肥力提升技术”

土壤胞外酶活性控制因子研究

土壤胞外酶在元素生物地球化学循环及生态系统功能发挥中起着非常关键的作用。为了深入揭示钙质土壤胞外酶活性的控制因子，我们在典型喀斯特区域根据岩性（石灰岩和白云岩）和土地利用方式（次生林、灌丛、草丛及农田）的不同，分别采集相应的表层土壤进行了与碳氮磷循环相关的 7 种胞外酶活性分析。结果发现，不同岩性与不同土地利用方式下土壤胞外酶活性存在显著的差异。土壤属性、空间变量与土地利用方式合计可解释 43% 的胞外酶活性变异，其中土壤属性占大部分达 36.5%。在各土壤属性因子中，土壤水分、粉粒含量以及全氮含量是影响胞外酶活性变化最重要的因子。我们的研究结果表明喀斯特地区土壤属性可以很好地解释其胞外酶活性的变异。该内容 2017 年已有一篇文章发表在 *European Journal of Soil Biology*。

造林对土壤有机碳和氮库的影响

植树造林被广泛视作增加土壤固碳、减缓全球变暖的有效途径。然而目前对于造林影响土壤有机碳库变化的内在机理认识尚不充分。为了探明植树造林活动对土壤碳氮磷的影响是否会受岩性的调节，在典型喀斯特地区采用配对采样的方式，分别在石灰岩和碎屑岩地区采集了农田和人工林表层土壤样品（0-15cm），分析了土壤有机碳、全氮和全磷含量。结果表明，造林对土壤有机碳和氮库的影响受岩性调节，但对土壤全磷的影响不受岩性调节。在石灰岩地区造林对土壤有机碳库没有明显影响，而在碎屑岩地区造林显著增加土壤有机碳库。相反，石灰岩地区造林导致土壤氮库显著下降，而碎屑岩地区造林对土壤氮库没有显著影响。两种岩性地区造林均会导致土壤磷库的下降。此外，两种岩性地区造林都会引起土壤碳氮磷元素的摩尔比增加，这表明造林后土壤固碳会逐渐受土壤氮和磷的限制。我们的研究表明植树造林对土壤有机碳和氮库的影响受岩性调节，为造林对土壤碳氮产生不同影响提供了新的机理解释。该内容 2017 年已有一篇文章发表在 *Forest Ecology and Management*。

植被演替对土壤有机碳组分的影响

农田抛荒通常被认为有助于提高土壤有机碳固持。但是从长期来看土壤固碳取决于稳定态的有机碳组分是否增加。我们采用空间代替时间的采样方法研究了喀斯特地区农田抛荒后植被演替过程中土壤有机碳组分的变化动态。在石灰岩和白云岩两种岩性上分别采集了农田、草地、灌丛和次生林土壤，用密度分组法将土壤总有机碳分成轻组有机碳和重组有机碳。研究结果表明，石灰岩与白云岩土壤轻组有机碳含量较为接近，而总有机碳和重组有机碳则是石灰岩土壤大于白云岩土壤。森林土壤中轻组有机碳含量要大于其他植被下的土壤。白云岩土壤总有机碳和重组有机碳呈现从农田到森林逐渐增加的趋势，而石灰岩土壤在四种植被条件下总有机碳含量及组分差异不大。总体而言，白云岩土壤中轻组有机碳占总有机碳的比例要高于石灰岩土壤，重组有机碳则相反，这表明石灰岩土壤有机碳的稳定性要高于白云岩土壤有机碳。此外，四种植被条件下土壤轻组和重组有机碳在总有机碳中所占的比例都较为接近，说明农田抛荒后植被演替过程中土壤有机碳的稳定性并没有太大变化。重组有机碳含量的差异可在很大程度上归因于土壤中交换性钙离子含量不同。我们的研究结果表明岩性不仅影响土壤有机碳含量及稳定性，而且调控农田抛荒后植被演替过程中土壤有机碳组分的动态变化。该内容已有一篇论文被 SCI 刊物 *Journal of Environmental Management* 正式接收。

土壤氮总转化速率控制因子研究

研究土壤总转化速率有助于更加深入地揭示土壤氮固持与流失的机理。运用¹⁵N 稀释法及¹⁵N 示踪技术研究了西南喀斯特地区四种不同类型农田土壤氮总转化速率，以邻近的森林土壤作为参照。采用路径分析对土壤生物与非生物变量的直接和间接影响进行定量以便更好地揭示土壤氮总转化速率的控制因子。结果表明，四种类型农田土壤氮的总矿化速率（GNM）、总硝化速率（GN）、铵态氮固持（GAI）与硝态氮固持（GNI）速率无显著差异，且都显著低于森林土壤。而农田土壤的硝酸盐异化还原过程速率（DNRA）则要显著高于森林土壤。土壤有机碳含量、全氮、C:N 比、pH、微生物生物量碳氮与 GNM、GN、GAI 及 GNI 呈显著的相关关系。路径分析结果表明只有微生物生物量氮对 GNM、GN、GAI 及 GNI 等四个过程具有显著的直接影响，土壤有机碳、全氮与交换性镁则对上述四个过程有显著的间接影响。森林土壤的硝态氮净产生速率高于农田土壤，但

两者之间在硝态氮固持能力上并无明显差异。由于硝态氮净产生速率高而硝态氮固持能力低，喀斯特地区农田土壤与森林土壤硝态氮淋失的风险均较高。该项内容已经投稿到 SCI 刊物 Journal of Geophysical Research。

有机物料利用效率室内培养实验

通过利用 ^{13}C 标记的玉米秸秆和氮素作为外源物料进行室内模拟实验，以喀斯特旱地棕色石灰土为研究对象，开展对喀斯特地区旱地秸秆还田下氮素水平对外源有机物转化影响以及微生物驱动秸秆降解的过程与效率的研究，采用多元统计方法以及 PLFA 和酶学分析技术，阐释喀斯特旱地秸秆还田速率、土壤酶活性、外源物料有机碳转化产物与氮素水平的关系，同时明确喀斯特地区氮素水平对秸秆还田速率、秸秆碳去向及秸秆降解过程中微生物的演变规律，揭示秸秆还田措施下土壤碳转化过程与碳固持机制和秸秆降解的微生物驱动机制。

目前室内培养试验已经结束，完成了矿化过程中 CO_2 、 N_2O 、 $^{13}\text{C}\text{-CO}_2$ 、DOC、MBC、MBN、氨氮硝氮等理化指标数据、碳氮转化过程中关键酶的活性测定 (β -葡萄糖苷酶、几丁质酶、纤维素二糖水解酶)，另外 $^{13}\text{C}\text{-DOC}$ 、MBC 已冷冻干燥，等待上机，进行 $^{13}\text{C}\text{-SOC}$ 轻重组含量测定的土壤已进行前处理。初步发现，高氮素水平能加快秸秆降解、促进土壤碳转化，而氮素水平低时基本没有影响。已完成了 5 次培养过程采集土样的 DNA 提取工作，并对其浓度进行了测定，部分样品已送出高通量测序，定量 PCR 准备工作已就绪， $^{13}\text{C}\text{-PLFA}$ 的土壤已完成前处理，七月份进行测定。所有获得数据正在分析整理之中。

蚯蚓体硒累积室内培养实验

蚯蚓是常见的陆生环节动物，广泛地存在于土壤中，以各类有机物质为食，包括枯枝落叶、畜禽粪便、生活垃圾等，在有机废弃物处理方面具有巨大的应用潜力。此外，蚯蚓具有将所食有机物质以颗粒状排出体外的功能，所产生的蚯蚓粪与其他类型肥料相比，具有干净卫生无异味且持水及透气性能好等优点，被誉为“有机肥之王”。近年来，如何利用蚯蚓处理各种有机废弃物以及蚯蚓产物的综合利用在国内外引起了广泛重视。不少研究开始探讨利用蚯蚓等生物作为生物载体对一些环境介质当中的人体必需微量元素如硒，锌等进行富集并提取。硒是人体必需的微量元素，在体内起着平衡氧化还原环境的作用，研究表明缺硒会导致人

体免疫能力下降。我国72%的地区处于缺硒或低硒生态环境中，覆盖人口约7亿，由于粮食等天然食物硒含量低，有必要寻求其他途径进行补硒，如增加富硒食品的摄入。资料表明，广西富硒土壤面积达2.12万平方公里，居全国之最，在富硒产品研发方面具有得天独厚的优势。然而目前相关的研究还十分缺乏。因而本课题在结合利用蚯蚓处理有机废弃物的同时，开展了蚯蚓体硒累积实验。选择两种培养基质：土壤和腐熟牛粪。两种蚯蚓：赤子爱胜蚓和环毛蚓。五个硒添加水平（ mg kg^{-1} 基质）：0（加水作为对照）、0.5、5、50、200。硒含量采用氢化物原子荧光光谱法测定。初步的研究结果表明，蚯蚓对硒的累积受硒添加浓度、蚯蚓种类以及培养基质等因素的影响。高量硒添加的处理蚯蚓体硒累积量要显著高于低量添加的处理。不同种类的蚯蚓对硒的富集情况随着培养基质的不同而不同，例如，在等量硒添加的情况下，土壤中环毛蚓对硒的累积能力要强于赤子爱胜蚓，而在牛粪基质中，赤子爱胜蚓对硒的累积能力要强于环毛蚓。本实验还发现在牛粪基质中培养时，当硒添加量达到 200 mg kg^{-1} 时，环毛蚓与赤子爱胜蚓均死亡，而在土壤中并未观察到此现象，说明在牛粪培养基质中，蚯蚓对高浓度硒的耐受能力有所降低。目前样品还在进一步的分析测试中。

桑园有机物资源利用控制性试验小区建设

桑园有机物资源利用长期定位试验小区的建设已经完成，包括渗漏水 and 地表水收集装置，目前正在按照各设计处理方式管理桑园生态系统；开始利用桑枝、猪粪、牛粪、鸡粪和蚕粪等农业有机废弃物、调节物料 C/N，接种木质素降解微生物区系或桑枝与桑园土壤混合发酵后的制剂，实施混合堆肥，研发优化原位堆肥技术预实验。

火龙果园有机物资源利用示范小区建设

目前已经完成示范区的选址，正在开展小区建设与处理布置。



图 火龙果园有机废弃物资源利用示范基地



图 火龙果有机废弃物及其腐熟处理

畜禽养殖场有机废弃物资源利用示范基地建设

经过前期的走访与调查，目前已经完成畜禽养殖场有机废弃物资源利用示范基地的选址，正在开展相关试验布置。



图 畜禽养殖场有机废弃物资源利用示范基地

交流与考察

2017年4月9日，课题负责人李德军研究员召集各专题负责人在环江召开了课题2016年度工作总结会议并对2017年的课题工作进行了详细部署。

2017年4月22-28日,课题负责人李德军研究员前往奥地利维也纳参加了欧洲地学联盟(EGU)年度会议,并作了题为“*Soil nitrogen biogeochemical cycles in karst ecosystems, southwest China*”报告。

2017年5月18-21日,课题负责人李德军研究员前往杭州参加了“陆地生态系统数据与模型整合研究”会议。

研究成果

研究成果方面,2017年第二季度已正式发表SCI二区论文2篇(均为第一标注),发表CSCD论文1篇,另有1篇SCI论文和1篇CSCD论文被正式接收(第一标注)。

Li D*, Wen L, Zhang W, Yang L, Xiao K, Chen H, Wang K (2017) Afforestation effects on soil organic carbon and nitrogen pools modulated by lithology. *Forest Ecology and Management*, **400**, 85-92.

Chen H, Luo P, Wen L, Yang L, Wang K, Li D* (2017) Determinants of soil extracellular enzyme activity in a karst region, southwest China. *European Journal of Soil Biology*, **80**, 69-76.

Wen Li, Dejun Li*, Hao Chen, Kelin Wang (2017) Dynamics of soil organic carbon in density fractions during post-agricultural succession over two lithology types, southwest China. *Journal of Environmental Management*, YJEMA6580 (accepted).

罗攀,陈浩,肖孔操,杨利琼,文丽,李德军*(2017)地形、树种和土壤属性对喀斯特山区土壤胞外酶活性的影响. *环境科学*, **38**, 2577-2585.

刘璐,陈浩,李德军,梁士楚*(2017)喀斯特山区植被恢复过程中土壤水解酶和氧化酶活性的响应. *环境科学学报*, DOI: 10.13671/j.hjkxxb.2017.0076.

主题词: 土壤胞外酶, 碳, 氮, 示范基地建设, 学术交流与考察, 学术成果

第五课题“植被复合经营与特色生态衍生产业培育技术”

白丹示范区澳洲坚果园完成种苗种植

2017年4月，白丹喀斯特多功能生态农业示范区澳洲坚果园完成第一期种苗种植，此次种植面积为200亩，包括195亩小苗和5亩大苗。本次种植邀请了项目合作单位广西南亚热带农业科学研究所技术人员进行栽培技术指导，包括种植前回土放肥、做树盘、淋足定根水、覆盖枯落叶等，并指导在幼苗期要重视水肥、修剪、杂草等方面的管理。通过近2个月的观察，此次种苗成活率达到98%以上。澳洲坚果根系浅，在土层薄的石山能生长良好，既可以达到恢复生态的效应又可产生可观的经济效益。



种植培训（左）、大苗种植（右）

白丹示范区完成近自然林改造试验布置

黄荆是我国亚热带岩溶石漠化地区植被自然恢复的先锋树种之一，在石漠化地区植被恢复初期通常能形成单优群落。这种先锋群落普遍存在物种多样性低、群落层次单一等问题，常需要引入其他适生树种来增加群落层次和植物多样性，以提高群落生产力和生态服务功能。

2017年4月，课题参与单位中科院亚热带所和广西植物所在白丹示范区完成黄荆灌丛改造试验布置，改造面积为1公顷，改造物种选择有常绿乔木：萍婆、狗骨木；落叶乔木：秋枫、红椿。改造方案包括：保留原植被、增加常绿乔木、增加落叶乔木和增加常绿落叶混交。



改造林分外貌（左）、改造进行中（右）

环江县富硒水果推广示范

2017年4-5月，正值环江县砂糖橘、葡萄幼果生长期，国家重点研发计划项目“植被复合经营与特色生态衍生产业培育技术”课题，联合广西农科院农业资源与环境研究所在环江县境内开展富硒砂糖橘和富硒葡萄推广示范，主要通过在水果幼果期喷施富硒叶面肥，以达到增加果肉硒元素含量，符合富硒水果品质的要求。本次推广示范富硒砂糖橘200亩、富硒葡萄10亩。以期带动整个环江县及周边地区富硒农产品的发展。



富硒砂糖橘推广示范基地

火龙果高接改造技术应用与示范

2017年4月25-26日,广西植物研究所技术人员陆树华与黄甫昭在平果县果化镇东孟屯开展了火龙果高接换种技术培训。东孟屯在政府支持下,于去年末种上了80亩的火龙果,但所种品种为人工授粉品种,需要耗费大量人工,同时该品种产量品质一般,与目前主流种植品种有差距。基于此,陆树华与黄甫昭从附近果园筛选了优良火龙果品种,并收集了大量的枝条,用于老旧品种的高接改造。通过高接关键技术培训及现场示范,让农户亲自动手进行嫁接操作,使农户掌握了火龙果高接换种的技术要点,为下一步开展东孟屯火龙果高接换种打下了基础。目前,东孟屯应用高接换种技术完成了火龙果高接改造40亩,并计划年内完成所有种植户的品种改造。



实地进行火龙果高接换种技术培训

火龙果新品种与特色经济植物试验

中国地质科学院岩溶地质研究所在果化示范区龙烈科研试验场开展了火龙果新品种的种植试验,建立对比试验区6个,种植的新品种包括金都一号、桂红龙、黄龙果,同时开展了火龙果套种试验,套种模式包括火龙果-花生、火龙果-赤苍藤、火龙果-芋头。

开展特色经济植物(火参果、赤苍藤、黄花梨、金银花、甜象草、桂牧1号杂交象草、黑麦草、菊苣草)种植试验,种植黄花梨4000株,金银花2000株,赤苍藤50株,播牧草种子5kg。



火龙果种植试验



火龙果套种试验



黄花梨、金银花种植试验

平果示范区发现大面积富硒土壤

中国地质科学院岩溶地质研究所对平果县土地质量地球化学调查表层土壤测试分析表明，平果县土壤硒（Se）元素含量区间为 0.231-2.464 毫克/千克，平均值 0.585 毫克/千克，中值 0.542 毫克/千克，变异系数为 35%，平果县土壤硒（Se）元素含量高于全国土壤硒（Se）元素背景值（0.29 毫克/千克）的 2.02 倍。参照相关标准，土壤硒元素含量 ≥ 0.4 毫克/千克为富硒土壤。照这一标准，圈定

平果县富硒土壤 2188 平方千米，约占全县总面积的 87%，主要分布在果化镇、太平镇、四塘镇、新安镇、平果县、坡造镇、旧城镇、榜圩镇、黎明乡。

依托位于平果县的国土资源部果化野外科学观测研究基地，开展火龙果种植示范，对示范区岩石、土壤、火龙果中的元素含量进行了初步分析，结果表明示范区石漠化后残留的石缝土壤比洼地土壤富硒，含量相差一倍，但种植的火龙果根系、枝条和果实硒元素含量均无明显差异。土壤、根系、枝条和果实中硒元素含量均值分别为 1.23 毫克/千克、0.22 毫克/千克、0.06 毫克/千克和 0.03 毫克/千克，火龙果中硒元素平均含量达到 0.03 毫克/千克。根据广西地方标准《富硒农产品硒含量分类要求》，富硒鲜水果硒含量指标 0.01-0.1 毫克/千克，示范区火龙果为富硒产品。

喀斯特常绿落叶阔叶混交林木本植物物种组成与群落结构

基于木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林大型动态监测样地的物种调查，该样地地貌为喀斯特峰丛洼地，生境异质性高，群落物种丰富，其样地内胸径 ≥ 1 cm 的木本植物独立个体共 10,9728 株，隶属于 227 种，59 科 144 属。样地内重要值 ≥ 1 的树种有 25 种，占总树种数量 11.01%；重要值排名前三的物种分别是小果厚壳桂、椴子皮和圆果化香树。样地中共有萌生木本植物 204 种（34309 株），隶属于 51 科 127 属，分别占样地总物种、总个体数、属数及科数的 89.87%，31.27%，86.44% 和 88.19%。物种区系组成均以热带区系成分为主，反映了喀斯特常绿落叶阔叶混交林的热带亚热带性质。其物种组成中落叶树种共 86 种，常绿树种共 141 种，常绿树种为落叶树种的 1.64 倍。在木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林大样地中树高 3-7 m 的个体占主要地位，占总个体数的 58.7%。冠幅 1-3 m 的个体占主要地位，占总个体数的 60.17%，所有木本植物径级分布呈“L”形，表明喀斯特常绿落叶阔叶混交林物种组成丰富，群落成熟稳定，更新良好，具有亚热带非地带性喀斯特顶极群落常绿落叶阔叶混交林的典型特征。

木论样地重要值 ≥ 1 的物种

物种	相对多度	相对显著度	相对频度	重要值
小果厚壳桂 <i>Cryptocarya austroweichouensis</i>	30.114	21.142	2.654	17.97
椴子皮 <i>Itoa orientalis</i>	2.877	9.663	2.568	5.036

物种	相对多度	相对显著度	相对频度	重要值
圆果化香树 <i>Platycarya longipes</i>	3.28	6.041	0.93	3.417
伞花木 <i>Eurycorymbus cavaleriei</i>	1.43	5.393	2.368	3.064
香叶树 <i>Lindera communis</i>	3.953	2.366	2.523	2.947
罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	2.719	1.891	2.089	2.233
菜豆树 <i>Radermachera sinica</i>	0.89	2.999	2.095	1.995
崖柿 <i>Diospyros dumetorum</i>	2.415	0.974	2.374	1.921
子楝树 <i>Decaspermum gracilentum</i>	2.601	0.721	1.644	1.655
小巴豆 <i>roton xiaopadou</i>	1.487	1.431	1.769	1.563
土蜜树 <i>Bridelia tomentosa</i>	0.884	2.16	1.53	1.524
齿叶黄皮 <i>Clausena dunniana</i>	2.388	0.742	1.341	1.49
翅荚香槐 <i>Cladrastis platycarpa</i>	0.647	2.418	1.347	1.47
麻楝 <i>Chukrasia tabularis</i>	0.89	1.81	1.472	1.391
长管越南茜 <i>Rubovietnamia aristata</i>	1.535	1.152	1.444	1.377
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	1.437	1.513	1.159	1.37
朴树 <i>Celtis sinensis</i>	1.044	1.121	1.912	1.359
广西海桐 <i>Pittosporum kwangsiense</i>	1.447	0.814	1.484	1.248
石山楠 <i>Phoebe calcarea</i>	0.943	0.854	1.861	1.219
火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	2.022	0.419	1.159	1.2
岩樟 <i>Cinnamomum saxatile</i>	0.789	0.798	1.832	1.14
密花树 <i>Myrsine seguinii</i>	1.808	0.557	1.004	1.123
滇丁香 <i>Luculia pinceana</i>	1.592	0.543	0.959	1.031
鱼骨木 <i>Canthium dicocum</i>	0.995	0.806	1.273	1.025

主题词： 澳洲坚果、火龙果、自然林、富硒、技术培训

第六课题“生态服务提升与民生改善的石漠化治理模式集成与示范”

中南林业调查规划设计院完成峰丛洼地国家石漠公园建设条件调研考察

根据中南院承担的国家重点研发计划“喀斯特峰丛洼地石漠化综合治理与生态服务功能提升技术研究示范”有关要求，4月21日至26日，中南院教授级高级工程师吴协保带领科研团队到广西百色市平果县、南宁市宾阳县和崇左市江州区等地对开展国家石漠化公园开发建设条件进行调研考察。

中南院调研组通过与当地林业局座谈沟通，了解各地对石漠公园申报与建设的想法与需求，同时深入拟申报国家石漠公园区域开展喀斯特风景资源与开发建设条件调研调查，探讨喀斯特区域风景资源类型划分、石漠公园申报与建设的自然与社会基础条件及其可操作性，并结合实际为上述县区开展国家石漠公园申报、评价与建设提出了初步指导。

此次调研为国家重点研发计划中关于国家石漠公园建设技术标准的制订提供了可靠依据。

项目组成员参加夏威夷果产业发展论坛并做主题报告

项目成员张伟副研究员和肖峻助理研究员参加“中国食品土畜进出口商会夏威夷果专业委员会成立大会暨《中国夏威夷果论坛》第一期夏威夷果产业发展论坛”，并代表项目组做大会报告，介绍中国西南喀斯特石漠化治理工作进展，并介绍了澳洲坚果（夏威夷果）在石漠化坡地生态治理上的应用潜力，以及项目组利用坚果产业实现广西峰丛洼地产业结构优化调整，进行示范区建设的相关工作。在会上，项目组成员就推广方案、管理技术、销售渠道等问题和与会的行业领袖，种植专家和产业企业代表进行了深入的交流，为推动课题6中石漠化治理技术坚果产业示范区的建设和技术集成与推广收集了有价值的参考意见。会上，张伟和肖峻被聘为夏威夷果专家委员会专家，有助于项目组在研究区域内进一步提升坚果管理技术和区域产业的优化升级。



项目组成员在大会上做主题报告

古周养牛场建设种养结合的示范基地

为实现石漠化区域在治理过程中的生态服务功能提升和民生改善相协同的目标，项目组在环江县下南乡古周村典型峰丛洼地扶持当地种草养牛产业发展，与当地肉牛养殖大户合作，在石山区种植杂交构树十余亩，并邀请环江县科技局、河池学院等专家为养殖户进行种植技术培训，从而初步建立种草养牛的示范基地，后续的基地建设将进一步开展。

杂交构树是中国科学院植物所利用传统的杂交育种方式，结合现代生物技术手段培育出具有突出的抗逆性多用途速生树种，在耐干旱、耐贫瘠、抗盐碱，在高盐地区以及丘陵、河滩等干旱、瘠薄的土地上均可正常生长，在种植当年即可砍伐，且次年萌生，可连年砍伐。杂交构树侧根发达，其地表根系网络足以抵制地表径流、治理水土流失及阻止土地沙化，能迅速绿化荒山、荒坡、荒滩和盐碱地。它可以作为一种经济作物栽植，构树叶是一种优质的畜禽饲料资源，其树皮、木杆纸浆、纺织纤维原材料。农户可以利用荒山荒地种植，自采树叶喂猪、牛、羊。推广杂交构树，营造速生丰产林基地，可同时增加森林覆盖率和农民收入。构树适宜在环江的气候条件下生长，而且杂交品种在产量、营养成分和口感都优于野生种，因此种植杂交构树，对于下南乡优势特色产业——肉牛产业能够起到较好的促进作用。

本次与项目组合作的肉牛养殖场是当地规模较大的养殖和繁育场，共有肉牛 20 余头，养殖场所在洼地面积达 100 亩，采用传统方式饲养，没有种植相应的牧草，因而限制了该养殖场的饲养规模和产量产出。通过与该养殖场合作，在

石灰岩坡地上种植杂交构树，可以提高肉牛养殖数量，提升牛肉产量和品质，扩大养殖场规模，提高经济收入和土地利用效率。同时利用杂交构树耐逆性强的特点，降低坡地石漠化程度，增加区域固水保土能力，提升洼地的生态服务功能。因此，合作建立喀斯特峰丛洼地种养结合的示范区有助于完善生态-经济协同促进的新产业模式，并向周边区域辐射推广。

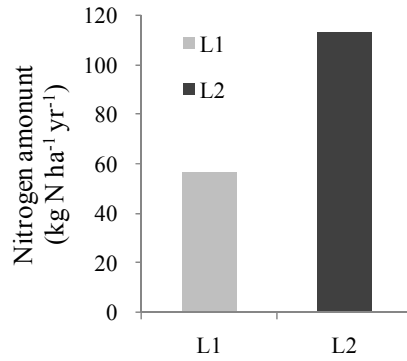


科技人员在指导当地养殖户种植构树

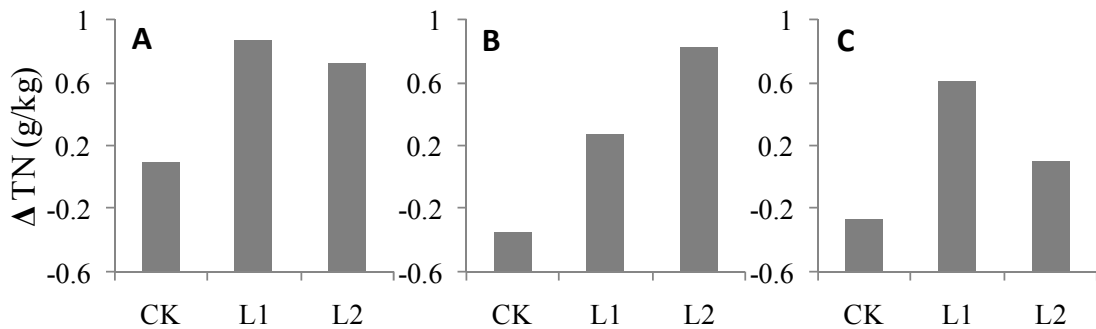
豆科植物紫穗槐对人工牧草地土壤氮含量的影响以及土壤线虫群落的影响

在人工牧草地上建设实验小区，选取紫穗槐（选该物种是因为其既具有固氮的生态效应，又可作绿肥和蜜源物种，具有经济价值；并且植物的苗子可以在网上买到）种植在牧草地，实验处理为：3种刈割处理（2次刈割、4次刈割、6次刈割），3种紫穗槐种植密度（D0：0、D1：1m×2m、D2：1.5m×2m）。共9种处理，每种处理3个重复，共27个试验小区（3.5m×6m），采用随机区组设计。

紫穗槐结瘤固氮情况的分析结果表明：紫穗槐每株可结瘤3.32g，紫穗槐在0.3株/平的低密度种植(L1)和0.6株/平的高密度种植(L2)条件下的固氮量分别为每年每公顷56.5和112.99千克。



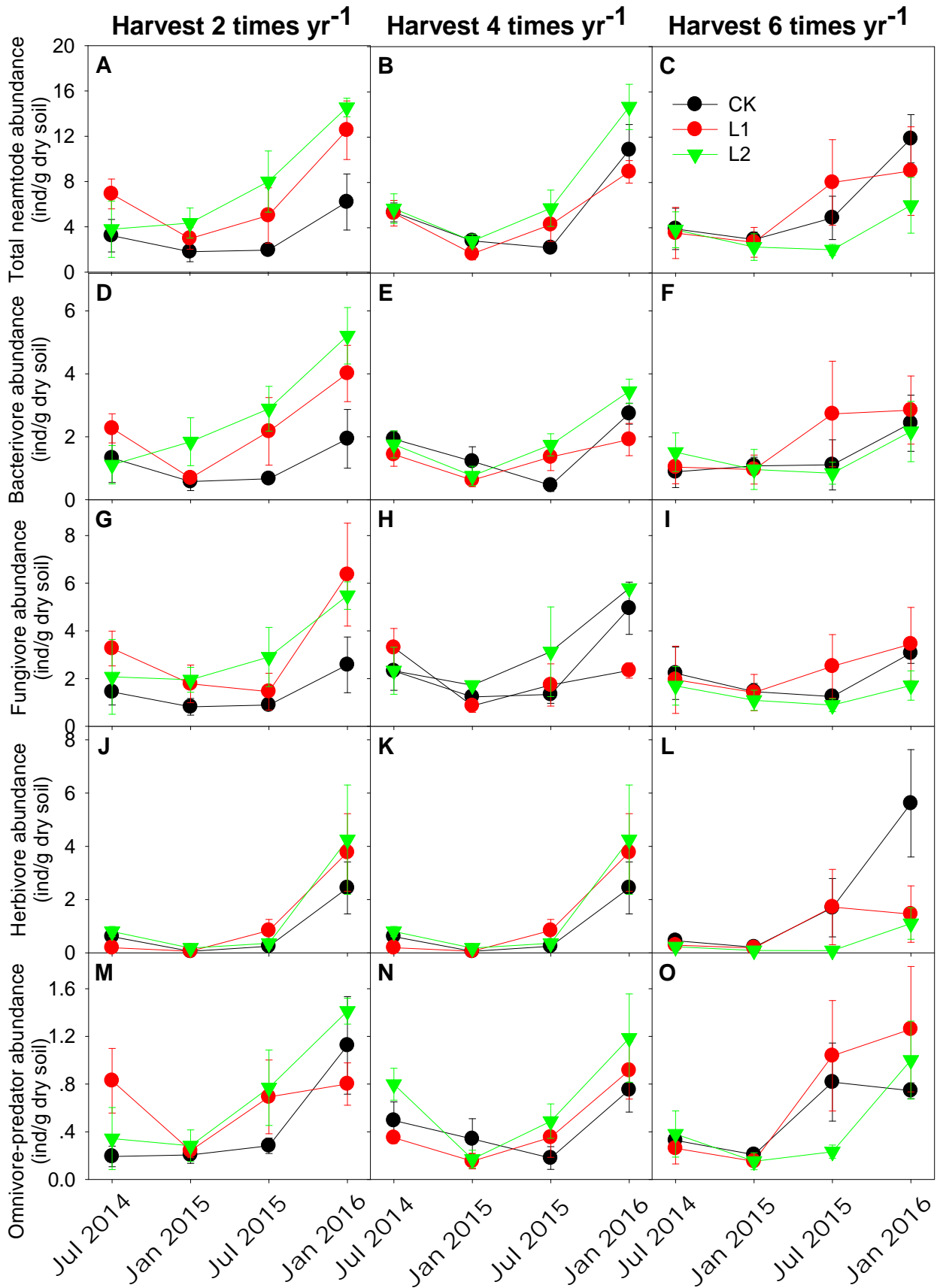
紫穗槐不同密度的固氮能力



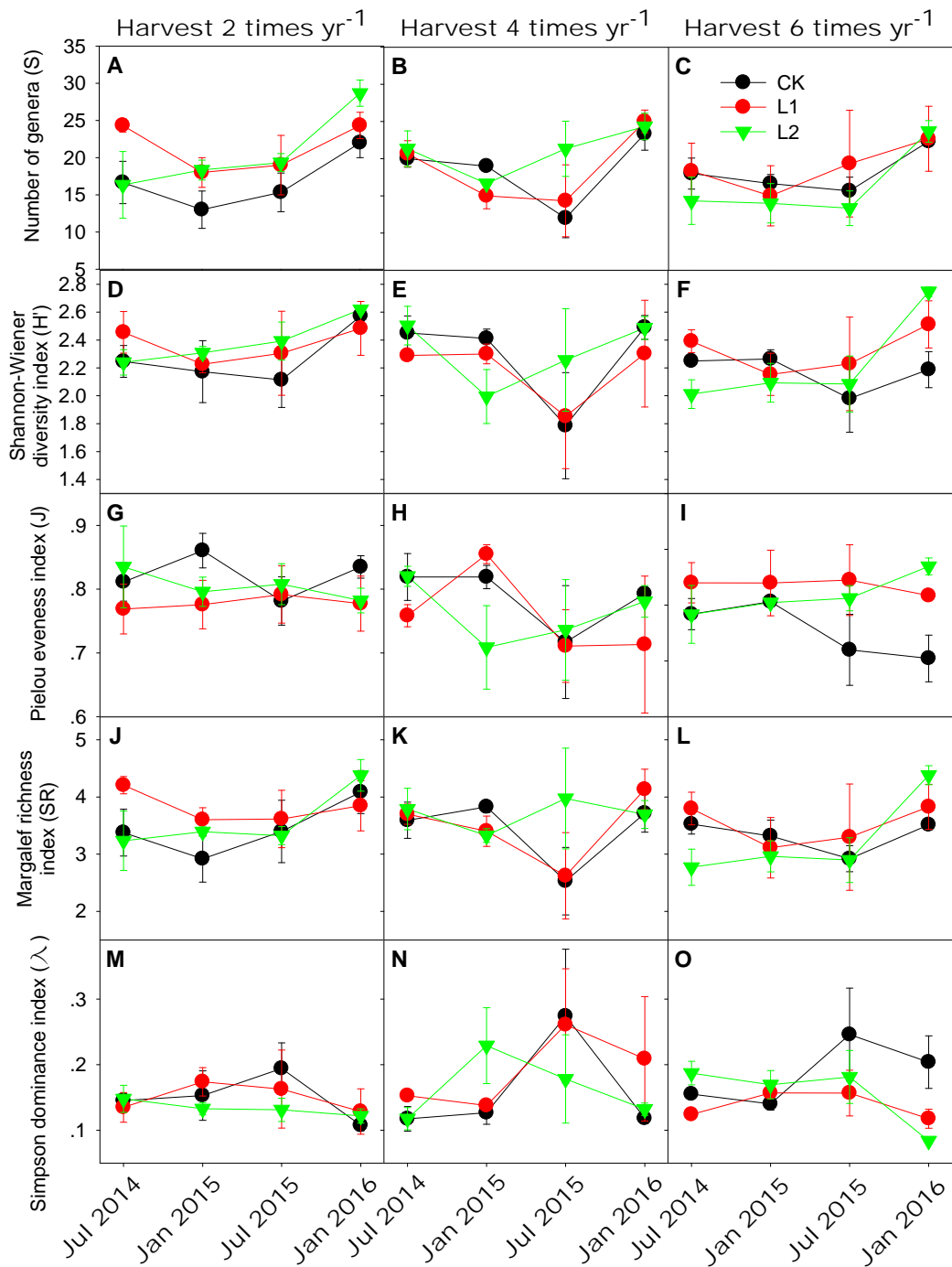
紫穗槐种植前后（不同密度）对土壤氮含量的影响

土壤线虫群落的分析结果表明：在牧草每年刈割 2 次频率下，高密度豆科植物添加(L2)下的土壤线虫总密度和食细菌线虫密度显著高于对照($p<0.05$)，植食性线虫密度略高于对照($p<0.10$)；低密度豆科植物添加(L1)下的土壤线虫总密度略高于对照；食真菌线虫和杂食捕食性线虫的密度在该牧草收割频率下没有受到豆科灌木的添加的显著影响。在牧草每年刈割 4 次频率下，高密度豆科植物添加(L2)下的土壤线虫总密度和杂食捕食性线虫密度略高于对照和低密度豆科植物添加(L1) ($p<0.10$)。高频牧草刈割处理下，豆科植物添加对土壤线虫密度影响不显著。在牧草每年刈割 2 次频率下，高密度豆科植物添加(L2)下的线虫代谢总耗碳、食细菌线虫代谢耗碳、杂食捕食性线虫代谢耗碳显著高于对照($p<0.05$)；低密度豆科植物添加(L1)下的线虫代谢总耗碳显著高于对照($p<0.05$)，杂食捕食性线虫代谢耗碳略高于对照($p<0.10$)。在牧草每年刈割 4 次频率下，高密度豆科植物添加(L2)下的线虫代谢总耗碳显著高于对照和低密度豆科植物添加(L1)($p<0.05$)，杂食捕食性线虫代谢耗碳略高于对照和低密度豆科植物添加(L1) ($p<0.10$)。高频牧草刈割处理下，豆科植物添加对土壤线虫代谢足迹的影响不显著。在牧草每年刈割 2 次频率下，高密度豆科植物添加(L2)下的线虫物种(属)数显著高于对照和低密度豆科植物添加(L1) ($p<0.05$)，桂牧一号刈割频率和豆科植

物种植密度对表征土壤线虫群落多样性的其他指标的影响不显著。



紫穗槐密度和桂牧一号牧草收割频率对土壤总线虫及各食性组分密度的影响



豆科植物种植密度和桂牧一号牧草收割频率对土壤多样性的影响

主题词: 石漠公园、示范基地建设、研究进展、学术交流, 技术培训

发送: 国家科技部、中国科学院亚热带所、项目首席科学家、各课题负责人

抄送: 各课题研究骨干

稿源: 项目管理秘书组