



贵州民族大学学术文库

贵州

石漠化地区退化森林土壤
生物学质量评价

彭艳◎著



西南交通大学出版社



贵州民族大学学术文库

贵州民族大学学术著作出版基金资助



石漠化地区退化森林土壤
生物学质量评价

彭艳◎著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

贵州石漠化地区退化森林土壤生物学质量评价 / 彭艳著. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.5

ISBN 978-7-5643-3902-9

I. ①贵… II. ①彭… III. ①森林—沙漠化—土壤生物学—研究—贵州省 IV. ①P942.730.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 107957 号

贵州石漠化地区退化森林土壤生物学质量评价

彭艳 著

责任编辑	牛君
特邀编辑	张雲健
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	148 mm × 210 mm
印 张	6.75
字 数	203 千
版 次	2015 年 5 月第 1 版
印 次	2015 年 5 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3902-9
定 价	28.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

我们以为，汉语语法如果能从历时与共时的视角进行比较研究，或许能有更多研究空间，利于语法研究的深入。

动词与形容词。“姓”与“像”是系动词，学界一般认为其后不能带“了”或“过”；其实，“姓+了”“像+了”近代汉语以来一直在用，“姓+过”在现代汉语中也有。有学者认为无“AB了AB”式，至于“AB—AB”式，有学者认为近代汉语使用时间不长即消失；其实，从明末开始，“AB了AB”一直在用，只是使用频率是动词重叠中最低的，“AB—AB”从明代到清代一直在用，现代有的方言也用；两种形式的重叠，有方言地理类型分布特点，以长江为界，前者主要在北方使用，后者主要在南方使用。有学者认为名词不能进入“X的X，Y的Y”，其实，不管是近代汉语还是现代汉语，名词都能进入此格式，近代汉语多一些；有人认为动词或动宾结构能入此格式，其实，述补、状中、定中、主谓、数量、连动和兼语等短语也能，只是使用频率有高低；有人认为，“X的”和“X”，“Y的”和“Y”之间是“施事+动作行为”关系，其实也有“受事+动作行为”关系。吕叔湘（1999）说“喷喷”只能用于“香”后，其实，“喷喷”可后附于“红”“热”等。

数词与量词。王力（1985）说“五七”不成话，吕叔湘（1984）说《儿女英雄传》的“五七”用法是仿古，又有人认为唐五代已见“五七”，宋元用得更多，但明后书面材料里很难找到；其实，“五七”在《红楼梦》及比它晚的文献中仍有大量用例，现当代作品仍有，个别少数民族语言也有，只是使用频率不如明清；有人认为“三五七”只有个例，其实明清作品有用例，就是当代作品也有。有学者发现有“赵本山第二”等说法，“第二”有特殊含

义，认为是新兴用法；其实清末作品已有，民国小说、现代作品也有。刘丹青（2009）认为名词后的“俩”未发展出表双数概念，如没有“小明俩”，但柔石、钱锺书作品偶有“人名+俩”，《儿女英雄传》有“张老俩”，河南固始方言也有“人名+俩”。陆俭明（2007）认为“我们几位”这种说法是新兴用法，并认为可建立新会话原则：应答协调一致性原则；其实，清末已有此说法。

词缀。汉语说“实打实”，对于“打”字的性质学界有分歧，我们认为是中缀，“实”是形容词，方言更常见的是“量打量”（“个打个”），“打”也是中缀，涉及的方言有吴语、赣语、西南官话、客家话，甚至连甘肃白龙江流域中下游方言点也有，相比而言，赣语和西南官话更成熟，有“A打AB”“AB打A”式；不同方言点中缀有不同变体，少数民族语言也有类似用法。近代汉语有后缀“生”，附名词、动词、疑问代词、副词后；其实，还有附于数量词后的用例，方言也有，主要在吴语，很有价值。周志锋（2001）发现近代汉语有“动”作后缀的用法，“××动”表“……的样子”，如吴语、山东方言有这种用法，另笔记小说也有；现代方言除宁波话外，舟山话、台州话、衢州话也有，温州话、丽水缙云话、金华武义话的“动”有两个用法，既作形容词，又作动词；福建闽西长汀客家话、江西于都客家话、江西铅山太源畲话也有“××动”，与宁波话等同义；福建福州话的“××动”有不同语义。

介词与助词。董秀芳（2009）认为古汉语有介词“并列删除”现象，但不见于现代汉语；其实，现代汉语也有，近代汉语更多，共有26个介词可“并列删除”。丁声树等不承认“V在了N”的合法性，朱德熙等认为“V（双音）在了N”不合法，现人们承认了此格式，但又认为是新兴用法；其实明代已有，清代更多，现代作品也有，改革开放后使用频率更高，且出现新用法。王力认为“有+着”是欧化语法现象，好多学者认同，其实，明代已有，清代更多；有人认为“有着”只带抽象宾语，其实也可带具体宾语。动词

重叠带助词“看”表尝试面很广，浙江方言就如此，有36个点说“VV看”，历史上还有“瞧”，现代方言有“相”“望”等10余种说法，还有有音无字的“□(no²)”，方言中最复杂。

定语与状语。“定语+人称代词”有欧化说、日化说、修辞说、综合说、自源说等，其实，《庄子》有“故吾”，一直到清末都有用例，不但有400余例，文体多样，且形式同现代汉语几乎一样，故是汉语固有用法。“永远”作形容词用法，有人认为是受日语或英语影响，其实汉语不但副词可作状语，形容词也能，不像英语的副词与形容词有明确分工；“永远”作形容词的用法在《尚书》中已有，一直未中断，后又有作谓语、定语等用法。

动宾结构。有学者认为动词拷贝句清代才有；通过考察发现在北宋已萌芽，《朱子语类》例更多，现代汉语的多种形式明代基本具备。改革开放前“买贵了”等不能带宾语，但现在网络上有“买贵了”“买贱了”带宾语例，说明自媒体时代语言发展速度更快。“吃饱了”与“喝醉了”带宾语现象，有人认为不合规则，有人认为是例外，也有认为是“熟语化”；其实，明代已有“吃饱了”带宾语例，“喝醉了”带宾语民国小说也有，相比而言，“吃饱了”带宾语的种类更多样。

动补结构。学界一般认为“姓”不能带补语，其实，明清白话和当代作品有“姓得好”“姓错了”的用例。一般认为动词“死”和“姓”不能带“起来”，但清代白话有用例，当代作品例更多，故“死”和“姓”虽与一般动词有别，但后带趋向动词这点有同的一面。一般说吴语有“V快了”的用法，近代汉语也有，从方言角度看比现在面要宽一点，不但吴语有，北方话也有，如《儿女英雄传》就有，作者是北京人。

被动句。朱冠明(2013)多次说从唐代起“为N所V”迅速衰落，其实《古代小说典》白话小说中与“所”搭配的“为”比“被”要多，分别为1762例与969例，相差近1倍；文言小说“被N所V”97例，“为N所V”10652例，“为N所V”用例远超

目 录

1 绪 论	1
1.1 研究缘起与意义	1
1.2 研究内容与研究目标	8
1.3 研究区域与方法	13
2 相关研究回顾及展望	26
2.1 西南石漠化及喀斯特森林的研究及展望	26
2.2 反硝化作用与气态 N 流失	34
2.3 基于生物学指标的土壤质量评价	41
3 不同植被类型下土壤养分含量差异	45
3.1 结果与分析	45
3.2 小 结	56
4 不同植被类型下土壤微生物活性的差异	57
4.1 结果与分析	57
4.2 小 结	73
5 不同植被类型下土壤反硝化作用的差异	75
5.1 结果与分析	76
5.2 小 结	85
6 不同植被类型下土壤酶活性的差异	87
6.1 结果与分析	87
6.2 小 结	96

7 土壤质量综合评价	98
7.1 引 言	98
7.2 基于 g^{-1} SOC 的土壤生物活性	99
7.3 土壤碳、氮、微生物活性与土壤酶的相关性	110
7.4 土壤质量综合评价	112
7.5 小 结	120
8 总 结	121
8.1 主要结论	121
8.2 研究的创新之处	124
8.3 问题及研究展望	125
参考文献	127
附 录	144
附录 A 国务院关于进一步促进贵州经济社会又好又快发展的 若干意见（节选）	144
附录 B 中国石漠化状况公报	152
附录 C 贵州省石漠化状况公报	163
附录 D 贵州省森林条例	169
附录 E 中华人民共和国国务院令（第 367 号）	176
附录 F 国家林业局关于造林质量事故行政责任追究制度的 规定	188
附录 G 贵州省森林资源现状	193
附录 H 贵州省“十二五”控制温室气体排放实施方案	196
附录 I “生物参数作为土壤质量评价的指标”中英联合 研讨会	206

1 绪 论

1.1 研究缘起与意义

1.1.1 研究缘起

“喀斯特”(Karst)原是南斯拉夫西北部伊斯特拉半岛(现属克罗地亚)上的石灰岩高原地名,那里有典型的岩溶地貌。全世界岩溶分布面积近2200万平方千米,约占陆地面积的15%,集中连片的喀斯特主要分布在欧洲中南部、北美东部和中国西南地区。与欧洲和北美的喀斯特生态地质环境相比,中国西南地区的喀斯特以其连续分布面积最大、发育类型最齐全、生态环境最脆弱而著称于世,其碳酸盐类岩石出露面积42.6万平方千米,主要分布在滇、黔、桂三省区,其中以贵州省的分布面积最大,为13万平方千米,广西和云南分别为8.9万平方千米和6.1万平方千米(王世杰,2003)。一方面,与我国其他湿润的非喀斯特地区相比,西南喀斯特地区生态环境具有脆弱性、易伤性的特点,生态破坏后难以恢复;另一方面,环境容量小、农业生产力低导致西南喀斯特地区人口密度大大超过了合理人口载容量,自然环境与社会经济活动之间长期处于严重不协调状态(魏媛,等,2008)。典型的脆弱环境、复杂的人地生态系统,加上不合理的人为活动影响,致使喀斯特生态环境严重恶化,出现了一系列重大的生态环境问题,其中最为显著的是生态环境遭破坏后形成的石漠化。根据遥感调查,我国现有石漠化面积12.96万平方千米,并以 $2\,500\text{ km}^2/\text{a}$ 的速度不断扩展,广西境内有

27% 的石灰岩（达 2.4 万平方千米）发生石漠化（李生，等，2009），并以每年 3%~6% 的速度递增，云南石漠化面积已达 2.1 万平方千米，湖南达 1.7 万平方千米，川渝地区达 3.6 万平方千米，最近 20 年湘西北地区石漠化面积增加了近 300 km²（李阳兵，等，2004）。

贵州是全国喀斯特石漠化最为严重的省份之一，全省 95% 的县（市）都有喀斯特分布（杨成，等，2007），其石漠化扩张速度并不比中国北方沙漠化慢（王世杰，2003）。贵州东部、东北部赤水一带和南、北盘江河谷区等岩溶不发育的地区石漠化程度较轻，大多数地区无明显石漠化或无石漠化，轻度以上石漠化土地占比多数小于 10%，生态环境相对较好；贵州西部、西南、南部及中部部分地区是喀斯特发育地区，石漠化程序较为严重，轻度以上石漠化土地占比多数大于 30%；贵州中部和北部部分地区的石漠化程度介于两者之间，轻度以上石漠化土地面积占比多在 10%~30%；此外，中山和丘陵区也是石漠化的高发区（熊康宁，等，2002）（表 1-1）。

表 1-1 1986—2000 年贵州省不同石漠化类型在岩溶区的面积和占比

石漠化类型		无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化	已石漠化
1986 年	面积/km ²	38 527.42	32 089.88	23 618.23	13 001.4	2 191.04	19.13	38 829.8
	占比/%	35.2	29.32	21.58	11.88	2	0.02	35.48
1995 年	面积/km ²	38 260.66	32 623.36	22 950.51	13 378.79	2 214.66	19.12	38 563.08
	占比/%	34.96	29.81	20.97	12.22	2.02	0.02	35.23
2000 年	面积/km ²	38 725.33	31 818.67	23 695.15	12 985.68	2 203.02	19.26	38 903.11
	占比/%	35.38	29.07	21.65	11.86	2.01	0.02	35.55

注：已石漠化土地=轻度以上石漠化土地（轻度+中度+强度+极强度）
（引自白晓永，等，2009）。

根据贵州省第二次石漠化监测数据,2011 年贵州省石漠化面积 30 238 km², 占全省土地面积的 17.16%, 比 2005 年减少 2 932 km², 减少了 8.82%; 与表 1-1 中数据相比, 2011 年贵州省石漠化面积比 2000 年减少 8 665 km², 减少了 22.27%。其中, 轻度石漠化面积 10 649 km², 比 2000 年减少了 13 046 km²; 中度石漠化面积 15 341 km², 比 2000 年减少了 2 355 km²; 强度石漠化面积 3 750 km², 比 2000 年增加了 1 547 km²; 极强度石漠化面积 497 km², 比 2000 年增加了 478 km²。石漠化面积出现净减少, 生态环境向良性方向发展, 其成因是多方面的, 其中林草植被恢复是石漠化好转的主要原因, 贡献率占 62.1%; 与 2005 年相比, 植被状况好转, 乔木型、灌木型植被面积增加 15 720 km², 植被综合覆盖度提高 5.61%。从总体上看, 我省石漠化面积减少, 程度减轻, 石漠化扩展趋势得到了遏制, 但局部恶化现象仍然存在, 石漠化防治形势依然十分严峻。自然环境因素和人类活动因素的叠加是导致石漠化发生的主要原因, 作为喀斯特地区土壤侵蚀的终极状态, 石漠化正逐渐演变为继北方沙漠化和黄土高原地区水土流失之后的中国第三大土地退化问题(吴秀芹, 等, 2005)。喀斯特石漠化导致生态环境退化, 水土流失严重, 土地生产力降低, 甚至危及人类生存, 已经成为制约中国西南地区可持续发展最严重的生态环境问题。

喀斯特森林植被破坏后从草灌丛→藤刺灌丛→萌生灌丛→疏林→森林的自然演替一般需要 30 年左右, 有研究认为, 在保留原群落的繁殖体(土壤种子库未被破坏)的前提下, 退化森林群落从草本恢复至灌丛阶段约需 20 年, 至乔木林阶段约需 50 年, 至顶级群落则需 80 年左右(李涛, 等, 2006)。贵州地处中国西南部高原山地, 属于亚热带湿润季风气候, 雨量充沛、雨热同季, 古代几乎全为森林覆盖, 种子植物以陆生植物为主, 形成了茂密的乔木、灌木和草本, 直到唐代, 贵州仍保持大面积原始状态, 明代虽有部分民族以农耕为主, 但对生态环境的影响有限, 清代开始大规模开发土地, 土地利用成为经济发展中心, 毁林开荒、垦田增加, 由此导致生态环境失衡(许桂香, 2010); 20 世纪 50

年代前,贵州省森林覆盖率达 45% 左右,50 年代初仍在 30% 以上,近 50 年来大幅度降低,1987 年达最低水平 12.6%,90 年代人们开始重视森林植被的保护和恢复,2000 年的统计数据显示,贵州林地面积回升到 30.8% (万军,2003),以上这些数据综合反映了人类活动引起的以森林为标志的生态环境的变迁。

潜在石漠化是指基岩裸露(石砾含量)30% 以上,土壤侵蚀不明显,植被覆盖较好(林木覆盖度 50% 以上或以草本为主的植被综合覆盖度 70% 以上),或已梯化的土地,如遇不合理的人为干扰,极有可能演变为石漠化土地。贵州省山高坡陡,岩溶地貌极为发育,生态脆弱性和敏感性极高,已经恢复的林草植被生态稳定性差,稍有人为干扰和自然灾害就可能造成逆转。2011 年的石漠化监测数据显示,近几年我省相继发生凝冻、干旱等自然灾害,导致 1 978 km² 潜在石漠化土地恶化为石漠化土地。贵阳市区曾经森林茂密,原生植被为常绿阔叶林,区域环境变异(如区域气候梯度、土壤类型和地形变异)及自然扰动使得市区原生植被已全部被破坏,现有植被均为次生植被或人工林,区内土壤以石漠化的形式严重退化,2011 年贵阳市石漠化土地面积为 1 871 km²,潜在石漠化土地达 2 323 km²。喀斯特次生林是脆弱的喀斯特生态系统的组成部分,Quesada 等人认为未来的森林可能就是次生林(Quesada, M., et al., 2009)。

区域石漠化和森林植被退化这两个缘由,使笔者意识到:次生林或人工林已成为该区域主要森林植被类型,是石漠化地区生态修复的重要手段。如何合理地因地制宜、植树造林?由此往前推一步,笔者产生了这样一些疑问:贵阳现有的次生林或人工林、人类活动对区域生态系统养分循环的贡献如何?如何从生态过程动力学尤其是营养物质的生态过程和微观机理来认识退化生态系统的修复?不同植物种对土壤养分循环、营养元素流失、土壤生态恢复程度的贡献有何差异?有没有更合适的贵阳石漠化地区森林植被恢复模式……这些问题不由引发笔者深深地思考。

1.1.2 研究意义

生态恢复是研究生态整合性恢复和管理过程的科学,现已成为世界各国的研究热点,不同土地利用及覆被类型下土壤质量演变与生态系统功能、过程的变化也是当前地球科学研究的热点和焦点。LUCC (Land-Use and Land-Cover Change, 土地利用/土地覆盖变化) 是 IGBP 与 IHDP (全球变化人文计划) 两大国际项目合作进行的纲领性交叉科学研究课题,其目的在于揭示人类赖以生存的地球环境系统与人类日益发展的生产系统(农业化、工业化/城市化等)之间相互作用的基本过程。国际上 1996 年通过的 LUCC 研究计划以 5 个中心问题为导向:第一,近 300 年来人类利用导致土地覆盖的变化情况;第二,人类对土地的利用发生变化的主要原因;第三,土地利用的变化在今后 50 年如何改变土地覆盖;第四,人类和生物物理的直接驱动力对特定类型土地利用可持续发展的影响;第五,全球气候变化及生物地球化学变化与土地利用与覆盖之间的相互影响。

在全球气候变化层面上,LUCC 通过改变大气中气体组成及化学性质和过程来影响大气质量。大气中的许多气体都会随土地利用/土地覆盖的变化而变化,如森林退化、土地荒漠化、土壤碳氧化、农田灌溉等均会使大气中 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 浓度增加,改变温室气体的全球收支平衡,使温室效应加剧。LUCC 导致下垫面性质改变,如地表反射率、粗糙度、水文循环及植被覆盖比例变化等,引起温度、湿度、风速及降水发生变化,从而使气候发生变化。植被覆盖与否也对大气水分含量和对流活动影响甚大:植被覆盖的陆面使进入大气的水汽总量增加,大小尺度的对流活动加强,区域降水增多;而无植被覆盖的陆面则情况相反。

在生态系统层面上,石灰岩生态系统是一种脆弱的退化生态系统,其植被大多为各种原生性、次生性以及逆行演替退化而成的派生群落。贵州石漠化的形成过程中与之相对应的典型植物群落大体上分为次生乔林或乔灌林、灌木林和藤刺灌丛、稀灌草坡和草坡及

稀疏草丛(张平究, 2006)。植被的恢复和生态重建具有非常重要的意义, 森林植被的恢复可改善土壤特性(Jia, C. M., et al., 2005), 是改善喀斯特地区农业生产环境的根本、解决喀斯特环境问题的重要前提和关键(侯满福, 等, 2006)。然而, 林地面积的增加并不表示其生态功能的同步恢复, 贵州省森林年龄结构中幼龄林占 60%, 近熟林占 7%, 中龄林占 28%, 过熟林占 0.5%, 成熟林仅占 2.8%(万军, 2003); 森林结构中人工林比例超过 70%, 具有树龄小、树种结构单一、抗干扰力差、生态功能有限等特点。

在 LUCC 层面, 土地利用变化通过土地覆盖改变而直接影响生物多样性, 改变水分循环特征和生态系统的结构, 进而在不同的尺度上对生态系统的功能产生影响。生物地球化学反馈通过生态系统结构变化使地面与大气之间温室气体和气溶胶交换而导致气候变化。前工业时期, 大规模森林砍伐和农业开发造成土地覆盖变化、植物生物量减少、土壤有机质分解加速, 大量的 CO_2 释放到大气中; 农业扩张(水稻种植)、城市化过程、森林退化、生物量的燃烧等是 CH_4 的直接来源, 湿地和草地也是 CH_4 的重要来源; N_2O 能导致臭氧层耗损, 加速全球变暖(Maier, R. M., et al., 2004), 是一种增温潜势比 CO_2 高 300 倍的温室气体, 主要来源于土壤环境, 在反硝化过程中产生(Schlesinger, W. H., 1997)。农业生产活动导致化肥使用量快速增长, 如热带亚热带地区, N_2O 释放量大大提高, 土壤氮循环速率加快。森林植被类型是影响土壤化学和生物化学性质的主要因素, 植被类型与土壤养分动态变化有直接的关系, 即不同植被覆盖或不同退化程度土壤具有不同的养分循环特征(刘丛强, 等, 2009)。不同林分能通过遮阴状况、生物固氮、凋落物产量和质量(如 C/N、木质素/N)、林下养分条件、土壤动物、微生物量及活性等因素对土壤养分循环过程产生影响, 不同树种凋落物质量之间的差异能够改变土壤 N 元素的转化率, 土壤中有效氮的差异会影响植物生长状况, 具有高 N 元素转化率的植物反过来会产生“优质”凋落物, 进一步提高土壤 N 元素供应, 从而形成良性循环。

在微观层面, 土壤质量关键指标的筛选在国际上一直存在着争

论,目前普遍认为土壤营养元素赋存状态和生物学活性是石漠化地区生态恢复的关键土壤质量指标,生物参数作为土壤质量的评价指标越来越受到重视。土壤生物学活性是土壤修复的指示因子,近10多年来,我国对森林生态系统有了一定的研究,但对其自然恢复的生态学过程仍然缺乏系统性的研究,营养物质的生态过程、生态系统生产力形成及与之相关的退化生态过程、演替发展过程、自我恢复过程、生态调控过程和生态恢复过程(王世杰,等,2007)仍有待进一步认识,对各种干扰方式对植被恢复过程的影响及不同植被恢复的生态效果研究较少(李阳兵,等,2004),对不同恢复阶段土壤微生物特性的变化研究也相对较少,研究主要集中于植被恢复不同阶段土壤微生物数量和微生物生物量的变化(魏媛,等,2008)。土壤生物学活性直接影响一个生态系统的稳定性与生产力,有可能成为系统稳定性的早期预警和敏感指标,因此,在估计自然土壤整体功能及其变化时,任何关键指标均必须涉及生物和生物化学指标,主要包括土壤微生物量、土壤呼吸和土壤酶活性,从而延伸到N矿化、微生物多样性和土壤生物功能种群等(张平究,2006)。土壤生物学活性的研究对人工林和次生植被的枯落物分解、养分循环机理及植物吸收在生物响应区有着重要作用,能为石灰岩生态系统土壤生态修复提供理论依据和数据支持。

由此可见,植被的恢复在石漠化地区生态系统重建中有着不可替代的作用,引入生物学活性从微观机理上研究石漠化地区不同植被覆盖和土地利用对气候、生态系统、区域景观等的影响,能为区域生态系统的优化调控理论提供数据支持。

毫无疑问,土地利用是一把双刃剑,森林、湖泊转变为农田给人类提供了更多的生存空间,但也对生态系统的稳定造成了一定的负面作用。我们必须尽力维持二者的平衡,因为土地利用和覆被变化有很大的脆弱性和自我毁灭性。笔者希望,通过对贵州石漠化地区不同植被类型下的土壤生物学活性进行研究、分析,并基于生物学参数对不同覆被下土壤质量进行分析、比较,找到适合于研究区域的植被恢复模式,构建研究区域的土壤生态系统生物学指标体系,

为石漠化地区生态系统的恢复、重建提供技术参考，也为民族地区可持续发展贡献一分绵薄之力。

创新是学术的真正意义所在，本研究的学术创新主要体现在以下三个方面：一是以生物地球化学过程及其对石漠化的影响为科学核心，系统地对不同植被类型下土壤生物学活性变化进行了研究，以期了解西南石漠化地区退化土壤生态修复过程中的生物学机理及养分流失差异，为植被恢复和重建提供科学依据；二是革新了前人在研究西南石漠化退化土壤恢复机理时通常将土壤理化性质作为土壤质量评价指标的常态，以更能灵敏反应土壤质量变化的生物学参数作为评价指标，构建了研究区域土壤质量综合评价指标体系，对退化土壤进行土壤质量综合评价；三是避免了传统的氯仿熏蒸-提取法需要大量土壤样本和微生物量中 C、N 的校正因子变化较大的弊端，采用氯仿熏蒸-UV_{280 nm} 提取法测定微生物生物量，并基于 UV 的回归方程以分析微生物量中的 C、N，其测定结果与贵州其他喀斯特地区微生物量的变化范围相符，该方法在喀斯特地区具有适用性，能快速、准确、有效地测定石漠化地区土壤微生物生物量。

1.2 研究内容与研究目标

1.2.1 研究内容

1.2.1.1 土壤养分循环

生物从土壤中吸收无机养分，生物残体归还土壤形成有机质，土壤微生物分解有机质释放无机养分，养分再次被生物吸收，由此形成了土壤圈的养分循环。土壤养分循环是土壤圈物质循环的重要组成部分，也是陆地生态系统中维持生物生命周期的必要条件。土壤营营养成分含量状况在植物生长和发育过程中起着重要作用，受到

众多研究者的关注(杨成,等,2007),养分是生态系统生命支持体系的物质基础,其构成了喀斯特生态系统生物地球化学物质循环的主要内容,在喀斯特生态系统的形成、演化和发展过程中具有根本地位。水分驱动机理和养分循环特征是理解喀斯特生态系统功能,尤其是生态系统生产力及其稳定性的关键基础。了解喀斯特生态系统演化中养分循环的生物地球化学特征及其对生态系统类型演变、生产力与生态功能的影响机制,是认识喀斯特生态系统退化及恢复的基础和关键(刘丛强,等,2009)。

森林养分循环研究工作始于1876年德国人Ebermayer对森林凋落物方面的研究,20世纪70年代后期森林土壤中N转化与循环的研究才得到重视)(陈伏生,等,2004)。喀斯特生态环境脆弱,对其土壤养分的研究可为其他生态系统的保护提供参考。与地带性黄壤相比,非地带性石灰土中有机碳更为丰富,因石灰土中含有大量的钙、镁离子,能与土壤有机质形成较稳定的腐殖质钙(刘丛强,等,2009),喀斯特石灰土中的有机质绝大部分集中在土体表层,表层以下土壤有机质含量迅速降低(赵中秋,等,2006)。土壤氮以有机态氮为主,土壤有机质平衡是氮元素平衡的基础。氮(N)以无机盐形式被吸收,以氧化还原形式循环,是研究最清楚却最复杂的无机循环(周德庆,2002)。土壤N通常占森林生态系统N贮量的90%以上(陈伏生,等,2004),被认为是大多数森林生态系统植物生长的限制性养分(Tischner, R., et al. 2007)。Currie 等人(Currie, W. S., et al., 2004)认为矿质土能在较长时间内为植物N库和土壤O层提供稳定的N源,并提供森林生长需要的大部分N,部分调节了生态系统C库的改变。森林生态系统中土壤N的转化和循环主要分为三大部分,即N输入、转化和输出,N的输入、输出包括大气N沉降、施肥、枯落物的归还、生物固氮、氨化、硝化、反硝化、植物吸收、 NH_3 挥发和淋溶淋失等过程和途径;N的转化主要包括氨化作用、硝化作用和N矿化-固持作用。植物较易吸收利用土壤有效N(NH_4^+ -N和 NO_3^- -N),有效N的含量决定于土壤矿化作用、生物固持作用、氨的固定和释放、硝化作用、植物吸收及 NH_3 挥发、