生态环境学报 2015, 24(7): 1125-1127 http://www.jeesci.com
Ecology and Environmental Sciences E-mail: editor@jeesci.com

衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤生化强度变化

杨满元，杨宁*

湖南环境生物职业技术学院园林学院，湖南 衡阳 421005

摘要：采用空间代替时间序列的方法，选用立地条件基本相似的草本（狗尾草）阶段（Ⅰ）、灌草（紫薇-狗尾草）阶段（Ⅱ）、灌丛（牡荆+刺槐）阶段（Ⅲ）和乔灌（枫香+苦楝-牡荆）阶段（Ⅳ），通过调查取样和实验分析，对不同恢复阶段 0~40 cm 土层土壤生化作用强度以及它们与土壤理化因子的关系进行研究。结果表明：随着植被恢复的进行，土壤生化作用强度（包括土壤氨化作用强度、硝化作用强度、固 N 作用强度、纤维素分解作用强度和呼吸作用强度）显著增强（$P<0.05$）；土壤生化作用强度和土壤理化因子间存在密切的相关性。

关键词：植被恢复；生化强度；紫色土；衡阳

DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.07.007

中图分类号：S157.34 **文献标志码：**A **文章编号：**1674-5906（2015）07-1125-03

引用格式：杨满元，杨宁. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤生化强度变化[J]. 生态环境学报, 2015, 24(7): 1125-1127.
YANG Manyuan, YANG Ning. Dynamic Changes of Soil Biochemical Intensity along Re-vegetation on Sloping-land with Purple Soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2015, 24(7): 1125-1127.

衡阳紫色土丘陵坡地面积 1.625×10^5 hm^2，是湖南省生态环境最为恶劣的地区之一，也是中国南方极具代表性的生态灾害易发地区。由于紫色土极易水蚀，发育期短，地力差，常处于幼年阶段，加上颜色深、吸热性强，夏季地面温度高，蒸发量大，以及区域性水、热分布等不利环境影响和不合理的开发，致使该区域长期以来植被稀疏（有的区域出现大面积基岩裸露，几乎无土壤发育层，植被恢复极度困难），而且水土流失和季节性旱灾严重，该区域的生态系统的恢复与重建已成为农业生产环境改善、区域经济发展及人民脱贫致富的迫切要求（杨宁等，2013a，2014a，2014b）。

高质量的土壤一般具有较高的生物活性（杨宁等，2013b，2015）。土壤生化强度指标已经用来评价退化生态系统中生物群系与恢复功能之间联系，并能为退化土地恢复提供有用的信息（蔡燕飞等，2003）。但人们在研究生态恢复时，较多地考虑植被指标以及土壤理化性质（杨宁等，2009，2010），而对生化活性的研究较少，有关衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段的土壤生化强度鲜见报道。本研究以衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段为研究对象，采用“时空互代”的方法（杨宁等，2013c，2014a），研究不同恢复阶段土壤生化强度的变化，为揭示该区域退化生态系统的恢复机理、构建恢复技术体系提供参考。

1 研究区概况

研究区位于湖南省中南部，湘江中游（地理坐标为：110°32′16″~113°16′32″ E，26°07′05″~27°28′24″ N），地貌类型以丘岗为主，紫色土呈网状集中分布于该区域海拔 60~200 m 地带。该区域属于亚热带季风湿润气候，年平均气温 18 ℃，极端最高气温 40.5 ℃，极端最低气温-7.9 ℃，年平均降雨量 1 325 mm，年平均蒸发量 1 426.5 mm。平均相对湿度 80%，全年无霜期 286 d（杨宁等，2014c，2014d）。

2 研究方法

2.1 样地设置与取样

2009 年 8—9 月，选择坡度、坡向、坡位和裸岩率等生态因子基本一致的坡中下部沿等高线选择有代表性的植被恢复样地，分别为：草本（Grass，GS）（狗尾草 *Setaria viridi*）阶段（Ⅰ），灌草（Frutex and grass，FG）（紫薇 *Lagerstroemia indica*-狗尾草）阶段（Ⅱ）；灌丛（Frutex，FX）（牡荆 *Vitex negundo* var. *cannabifolia*+刺槐 *Robinia pseudoacacia*）阶段（Ⅲ）；乔灌（Arbor and frutex，AF）（枫香 *Liquidamdar formosana*+苦楝 *Melia azedarach*-牡荆）阶段（Ⅳ），每个样地大于 1 hm^2，样地概况见表 1。演替初始均

基金项目：湖南省科技厅项目（S2006N332）；湖南省林业科技创新计划项目（XLK201341）；湖南省衡阳市农业科技支撑计划项目（2014KN27）；湖南环境生物职业技术学院青年科研基金项目

作者简介：杨满元（1976 年生），女，实验员，主要从事植物与恢复生态学的教学研究。E-mail: yangning8787@sina.com
*通信作者：杨宁（1974 年生），男，博士，副教授。

收稿日期：2015-04-18

表 1 样地概况

Table 1 The basic condition of sampling sites

恢复阶段	草本阶段(Ⅰ)	灌草阶段(Ⅱ)	灌丛阶段(Ⅲ)	乔灌阶段(Ⅳ)
恢复年限/a	2	5~8	20~25	≈50
坡度/(°), 坡向	25, SW	20, SW	30, SW	25, SW
海拔/m	125	115	120	130
盖度/%	40	50	65	80

为退耕封育地，其前作为玉米（*Zea mays*）。在每个样地内设置 3 块 20 m×20 m 的样方,间距大于 20 m，按 S 型采集 15 个 0~40 cm 土层土样进行混合，除掉土壤中可见的植物根系和残体，重复 3 次，鲜样保存于 4 ℃冰箱之中（不超过 4 d），进行土壤生化强度测定。

2.2 土壤生化强度的测定

土壤作用强度的测定（许光辉等，1986；魏媛等，2008）：土壤氨化、硝化、固 N、纤维素分解及呼吸作用强度分别采用土壤培养法、溶液培养法、土壤培养法、埋布片法及碱液吸收滴定法测定。

2.3 数据处理

采用 SPSS 13.0 软件进行数据处理。采用单因素方差分析法（one-way ANOVA）和最小显著差异法（LSD）比较不同数据间的差异，用 Pearson 相关系数分析法分析土壤生化强度与理化因子的相关系数。所有数据为 3 次重复平均值。

3 结果与分析

研究表明（表 2），随着恢复进行，土壤生化强度明显上升（$P<0.05$），从草本阶段（Ⅰ）、灌草阶段（Ⅱ）、灌丛阶段（Ⅲ）到乔灌阶段（Ⅳ），土壤氨化作用强度分别增加 57.64%、29.96%和 29.49%；硝化作用强度，61.36%、30.28%和 8.12%；纤维素分解作用强度，8.58%、9.13%和 11.11%；土壤呼吸作用强度，25.79%、32.01%和 43.87%；土壤固氮作用强度，12.92%、19.61%和 23.77%。这说明，随着恢复进行，土壤环境有利于微生物生长，微生物活性增强，加速土壤营养物质循环速度，增加土壤养分供应，提高土壤肥力。

相关分析表明（表 3），土壤生化作用强度（包括 NH_4^+-N 释放量、NO_3^--N 释放量、纤维素分解率、CO_2 释放量和固氮量）与土壤含水量、土壤有机碳、全氮、碱解氮和速效磷存在显著或极显著的正相关关系（$*P<0.05$，$**P<0.01$）。

4 结论与讨论

4.1 讨论

早期阶段，地表裸露大，光照、土壤温度、相对湿度及气温等波动大，土壤微生物的生存环境受到影响，加之植物生物量低，凋落物少，水土流失相对较强，养分和有机质低下，土壤理化性质较差，微生物数量较少，微生物量与生化功能较低；后期阶段，植被迅速生长，植被盖度增加，减少径流、

表 2 不同恢复阶段 0~40 cm 土壤生化作用强度

Table 2 Biochemical intensity of 0~40 cm soil layer in different re-vegetation stages

恢复阶段	草本阶段(Ⅰ)	灌草阶段(Ⅱ)	灌丛阶段(Ⅲ)	乔灌阶段(Ⅳ)
NH_4^+-N 释放量/(g·kg^{-1})	0.144 a	0.227 b	0.295 c	0.382 d
NO_3^--N 释放量/(g·kg^{-1})	0.088 a	0.142 b	0.185 c	0.200 c
纤维素分解率/%	5.164 a	5.607 a	6.119 b	6.799 c
CO_2 释放量/(mL·g^{-1}·d^{-1})	0.221 a	0.278 ab	0.367 b	0.528 c
固氮量/(g·kg^{-1})	0.271 a	0.306 ab	0.366 b	0.453 c

同行不同字母表示差异显著（$P<0.05$）

表 3 土壤生化作用强度与土壤理化性质之间的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between biochemical intensity and physico-chemical properties

项目	NH_4^+-N 释放量	NO_3^--N 释放量	纤维素分解率	CO_2 释放量	固氮量
土壤含水量	0.560*	0.768**	0.659**	0.689**	0.888**
土壤容重	-0.321	-0.327	-0.400	-0.128	-0.369
土壤有机碳	0.743**	0.853**	0.671**	0.703**	0.871**
全氮	0.699**	0.700**	0.667**	0.712**	0.612*
碱解氮	0.701**	0.658**	0.567*	0.727**	0.610*
速效磷	0.800**	0.606*	0.589*	0.769**	0.613*
速效钾	0.321	0.209	0.300	0.289	0.319
pH 值	-0.126	-0.341	-0.301	-0.237	-0.436

$*P<0.05$，$**P<0.01$；表中的其他土壤理化因子参考文献（杨宁等，2014e）

泥沙、养分流失和土壤水分蒸发，而根系分泌物和凋落物增加了土壤有机质输入，促进土壤微生物繁殖和生长，加速土壤 C 循环和矿化过程，提高土壤微生物量，土壤性质得到显著改善，显著提高土壤的生化功能，表明研究区域土壤质量正以不同速率处于改善之中（杨满元等，2013；杨宁等，2013a，2013d，2013b，2014c，2014e，2014d，2014b，2015）。这与 Garcia et al.（2002）与 Gil-Sotres et al.（2005）的研究结果基本一致，提示我们在植被恢复中，可施用菌肥来提高土壤生化强度，促进植被恢复。

4.2 结论

对研究区域草本阶段（Ⅰ）、灌草阶段（Ⅱ）、灌丛阶段（Ⅲ）和乔灌阶段（Ⅳ）的土壤生化强度的变化及其与理化因子关系进行研究，得出以下主要结论：

随着恢复进行，土壤生化作用强度（包括 NH_4^+-N 释放量、NO_3^--N 释放量、纤维素分解率、CO_2 释放量和固氮量）明显增强（P<0.05），土壤理化性质与生化作用强度存在密切相关性。

参考文献：

GARCIA C, HEMANDERZ T, ROLDAN A, et al. 2002. Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under Mediterranean climate [J]. Soil Biology and Biochemistry, 34(5): 635-642.

GIL-SOTRES F, TRASAR-CEPEDA C, LEIROS M C, et al. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties [J]. Soil Biology and Biochemistry, 37(5): 877-887.

蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 等. 2003. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 14(3): 239-242.

魏媛, 喻理飞, 张金池. 2008. 退化喀斯特植被恢复过程中土壤微生物学特性[J]. 林业科学, 44(7): 6-10.

许光辉, 郑洪元, 主编. 1986. 土壤微生物分析手册[M]. 北京: 农业出版社: 54-98.

杨满元, 杨宁, 郭锐, 等. 2013. 衡阳紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物数量特征[J]. 生态环境学报, 22(2): 229-232.

杨宁, 陈璟, 杨满元, 等. 2013c. 贵州雷公山秃杉林不同林冠环境下箭竹分株种群结构特征[J]. 西北植物学报, 33(11): 2326-2331.

杨宁, 付美云, 杨满元, 等. 2014a. 衡阳紫色土丘陵坡地不同土地利用模式下土壤种子库特征[J]. 西北植物学报, 34(11): 2324-2330.

杨宁, 杨满元, 雷玉兰, 等. 2014c. 衡阳紫色土丘陵坡地土壤酶活性对植被恢复的响应[J]. 生态环境学报, 23(4): 575-580.

杨宁, 杨满元, 雷玉兰, 等. 2015. 紫色土丘陵坡地土壤微生物群落的季节变化[J]. 生态环境学报, 24(1): 34-40.

杨宁, 邹冬生, 李建国. 2009. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地土壤水分变化动态研究[J]. 水土保持研究, 16(6): 16-21.

杨宁, 邹冬生, 李建国. 2010. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地植被恢复模式建设[J]. 草业科学, 27(10): 10-16.

杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 2013a. 衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段植被特征与土壤性质的关系[J]. 应用生态学报, 24(1): 90-96.

杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 2013d. 衡阳紫色土丘陵坡地植被不同恢复阶段土壤微生物量碳的变化及其与土壤理化因子的关系[J]. 生态环境学报, 22(1): 25-30.

杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 2013b. 衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤酶活性特征研究[J]. 植物营养与肥料学报, 19(6): 1516-1524.

杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 2014e. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复阶段土壤特性的演变[J]. 生态学报, 34(10): 2693-2701.

杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 2014d. 紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤微生物生物量碳、微生物熵的变化[J]. 水土保持通报, 34(5): 39-43.

杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 2014b. 衡阳紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物生物量与土壤养分演变[J]. 林业科学, 50(12): 144-150.

Dynamic Changes of Soil Biochemical Intensity along Re-vegetation on Sloping-land with Purple Soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China

YANG Manyuan, YANG Ning*

College of Landscape Architecture, Hunan Environmental-Biological Polytechnic College, Hengyang, 410128 China

Abstract: The purpose of the paper was to study the dynamic changes of soil biochemical intensity and the relationship between them and soil physio-chemical properties along re-vegetation on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China. We took soils of 0~40 cm depth in similar and typical grass (*Setaria viridi*) stage (Ⅰ), frutex and grass (*Lagerstroemia indica-Setaria viridi*) stage(Ⅱ), frutex (*Vitex negundo* var. *cannabifolia+Robinia pseudoacacia*) stage (Ⅲ), and arbor and frutex (*Liquidamdar formosana+ Melia azedarach-Vitex negundo* var. *cannabifolia*) stage (Ⅳ), and denoted four re-vegetation stages as our test objects by using the method of the space for time. The results showed that: From Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, to Ⅳ, the biochemical intensities, including ammonification, nitrification, nitrogen fixation, cellulose decomposition and respiration significantly intensified (P<0.05); There were close correlations between soil biochemical intensity and physio-chemical factors.

Key words: re-vegetation; biochemical intensity; purple soils; Hengyang of Hunan Province, South-central China