

# 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复对植物群落结构及多样性的影响

旷一明<sup>1</sup>, 桂德志<sup>1</sup>, 张卫国<sup>1</sup>, 文东新<sup>2</sup>

(1.祁阳县挂榜山林场,湖南 祁阳 426100;2.中南林业科技大学 理学院,湖南 长沙 410004)

**摘要:**采用“空间序列代替时间序列”的方法,将植被恢复阶段划分为演替前期、演替中期和演替后期,并测定每一阶段植物群落特征及多样性指标.结果表明:(1)随着演替进行,地上生物总量和中早生植物生物量显著增加( $P<0.05$ ),中生植物生物量的大小顺序为中期>后期>前期( $P<0.05$ ),早生植物生物量的大小顺序为中期>前期>后期( $P<0.05$ );(2)随演替进行,Shannon-wiener多样性指数( $H'$ )、Simpson多样性指数( $H''$ )、Pielou均匀度指数( $E$ )、Simpson均匀度指数( $E'$ )与Simpson优势度指数( $D$ )显著减小( $P<0.05$ ),物种丰富度指数( $S$ )的大小顺序为中期>前期>后期( $P<0.05$ );(3)随演替进行,群落优势种狗尾草(*Setaria viridis*)和狗芽根(*Cynodon dactylon*)的重要值显著增加( $P<0.05$ ).图1,表3,参23.

**关键词:**演替;群落特征;生物多样性

**中图分类号:**Q145+.2 **文献标识码:**A

物种多样性是群落结构和功能复杂性的一种体现,可作为判断生物群落结构变化或生态系统稳定性的指标,是生物多样性的本质内容<sup>[1]</sup>;植物群落结构是指群落中所包含的物种数量及其植物个体的群落中的空间分布格局,体现植物群落所处的发展阶段、稳定度以及群落所处的生态环境差异<sup>[2]</sup>;植物群落多样性是反映植物群落结构的可测定性指标,与生态系统的功能密切相关<sup>[3]</sup>,生态系统较高的物种多样性意味着较高的生产力、抗干扰能力和干扰后系统的恢复能力,植物群落及其多样性作为植物生态系统的重要组成部分,对发挥生态系统功能、维持生态系统的平衡意义重大,因此,植物群落物种多样性的研究一直备受关注<sup>[4]</sup>.

衡阳紫色土丘陵坡地面积约为 $1.625 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,占据湖南省衡阳市国土总面积的25%,是湖南省生态环境较为恶劣的地区之一,也是中国南方极具代表性的生态灾难区(图1),因此,生态系统的恢复与重建已成为该区域农业生产环境改善、区域经济发

展和农民脱贫致富的迫切要求.实验采用“空间序列代替时间序列”的方法<sup>[5,6]</sup>,对衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段的植物群落结构及多样性进行研究,剖析其恢复/退化机制,为制定合理的对策保护生物多样性和维持该区域生态系统的可持续发展提供理论依据.



图1 该区域生态环境概况

Fig.1 Ecology and environment status of the study area

收稿日期:2016-08-20

基金项目:国家“十五”农业科技重大专项资助(编号:2001BA507A)

作者简介:旷一明(1975-),男,湖南祁阳人,助理工程师,研究方向:森林培育与森林生态.

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区域位于湘中东南部,湘江中游.境内紫色土集中分布于该区域海拔 60~200 m 的地带.属于亚热带季风气候,多年来年平均温度 17.5~18.1 °C,无霜期 280~290 d,日照时数 1 372~2 095 h,平均湿度 76%~82%.

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 样地的选择与取样方法

2009年8月中旬,按群落演替的顺序选择坡度(向、位、形)和裸岩率等生态因子基本一致的植物群落,它们分别处于演替前期、演替中期和演替后期.这种方法虽然无法保证不同时空气候等环境条件的恒定,但是可以取得较长时间尺度的研究结果,是生态学研究普遍采用的研究方法<sup>[7,8]</sup>.在3个不同的演替阶段按样线法采用固定间距分别设置15个20 cm~50 cm的样方,共45个样方,测定植物群落的高度、盖度、多度、濒度及地上部分的生物量等指标<sup>[9]</sup>.

#### 1.2.2 计算与统计

重要值=(相对生物量+相对密度+相对濒度+相对盖度)/4

物种丰富度指数( $S$ )、Shannon-wiener 多样性指数( $H$ )、Simpson 多样性指数( $H'$ )、Pielou 均匀度指数( $E$ )、Simpson 均匀度指数( $E'$ )与 Simpson 优势度指数( $D$ )的计算方法参考文献<sup>[9,10]</sup>.

采用单因素方差分析法(one-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)分析不同演替阶段物种和多样性之间的差异显著性.表中所有数据均为3次重复的平均值.

## 2 结果与分析

### 2.2.1 不同演替阶段地上生物量动态

研究表明(表1):随着演替的进行,地上生物总量和中早生物植物生物量均显著增加( $P<0.05$ ),前期生物总量分别为中期和后期生物总量的44.73%和33.41%;中早生物植物生物量,41.64%和26.78%.中生植物生物量的大小顺序为中期(128.09 kg.hm<sup>-2</sup>)>后期(106.00 kg.hm<sup>-2</sup>)>前期(67.12

kg.hm<sup>-2</sup>)( $P<0.05$ );旱生植物生物量的大小顺序为中期(207.43 kg.hm<sup>-2</sup>)>前期(116.95 kg.hm<sup>-2</sup>)>后期(105.93 kg.hm<sup>-2</sup>)( $P<0.05$ ).

表1 不同演替阶段各生态型植物类群的地上生物量变化  
Tab.1 Changes of above-ground biomass in different plant categories at different successive stages kg.hm<sup>-2</sup>

演替阶段	总生物量	中生植物生物量	中早生植物生物量	旱生植物生物量
前期	641.30 c	67.12 c	457.23 c	116.95 b
中期	1433.64 b	128.09 a	1098.12 b	207.43 a
后期	1919.29 a	106.00 b	1707.36 a	105.93 c

注:同列不同字母表示相同比较项目在不同演替阶段差异显著( $P<0.05$ ).表3同.

### 2.2.2 不同演替阶段主要植物群落的重要值变化

研究表明(表2):随着植被演替的进行,群落优势种狗尾草和狗芽根的重要值显著增加( $P<0.05$ ).狗尾草和狗芽根前期的重要值分别为中期和后期重要值的88.85%、51.34%与45.12%、36.40%;狗尾草与狗芽根分别占重要值总量的52.00%与38.09%,结果说明,随着恢复的进行,狗尾草与狗芽根在植物群落中的绝对优势没有发生改变,但狗尾草与狗芽根对植物恢复的反应机制存在明显差异.由于反应机制差异的出现<sup>[10,11]</sup>,导致过路黄、野菊花、田边菊和马桑等的重要值在不同的演替阶段发生相应的变化.

表2 不同演替阶段主要植物群落重要值的变化

Tab.2 Changes of important values in the main plant at different successive stages

植物种	前期	中期	后期
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	40.09 c	45.12 b	78.09 a
狗芽根 <i>Cynodon dactylon</i>	29.12 c	64.54 b	80.00 a
过路黄 <i>Lysimachia christinae</i>	14.32 a	9.43 b	5.12 c
野菊花 <i>Dedranthema indicum</i>	8.90 a	8.75 b	5.08 c
田边菊 <i>Kalimeris indica</i>	8.38 b	8.14 b	17.26 a
马桑 <i>Coriria nepalensis</i>	0.56 c	18.54 a	11.25 b
六月雪 <i>Serissa japonica</i>	18.34 b	15.62 c	32.87 a
牡荆 <i>Vitex negundo var. cannabifolia</i>	15.46 a	10.78 ab	6.13 b
糯米条 <i>Abelia chinensis</i>	0.76 c	15.09 a	11.46 b
紫薇 <i>Lagerstroemia indica</i>	16.87 a	2.88 c	3.27 b
唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i>	0.00 c	16.43 a	6.53 b
寸草苔 <i>Carex duriuscula</i>	7.48 b	22.17 a	10.89 ab
冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>	9.98 a	8.34 b	0.29 c

注:同行不同字母表示相同植物种在不同演替阶段差异显著( $P<0.05$ ).

### 2.2.3 不同演替阶段植物群落物种多样性

研究表明(表3),随演替进行,Shannon-wiener多样性指数( $H$ )、Simpson多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $E$ )、Simpson均匀度指数( $E'$ )与Simpson优势度指数( $D$ )显著减小( $P < 0.05$ ),前期 $H$ 为中期与后期的1.06和1.23倍; $H'$ ,1.09和1.20倍; $E$ ,1.09和1.19倍; $E'$ ,1.42和1.51倍; $D$ ,0.70和0.55倍.而物种丰富度指数( $S$ )的大小顺序为中期(11.92)>前期(10.08)>后期(8.93)( $P < 0.05$ ).

表3 不同演替阶段物种多样性变化

Tab.3 Bio-diversity of plant communities at different successive stages

演替阶段	$S$	$H$	$H'$	$E$	$E'$	$D$
前期	10.08 b	0.91 a	0.84 a	0.89 a	0.68 a	0.16 a
中期	11.92 a	0.86 ab	0.77 b	0.82 b	0.48 b	0.23 b
后期	8.93 c	0.74 c	0.70 c	0.75 c	0.45 c	0.29 c

## 3 讨论

植物对在演替过程中其地上生物量的变化规律与种群的生物生态学特征密切相关<sup>[12]</sup>.植物的多种适应机制使植物与其生存的环境得以共存,生物多样性对维持生态系统的平衡与功能的正常发挥着关键作用,在进行群落组成、结构及发展变化的评价,群落及其环境保护状态的测度意义重大.在演替前期,土壤紧实,通过毛管水分蒸发强烈,植物的生物量低;演替中期,生态环境的有改善,使中生植物与旱生植物获得了更好的生长机会,相应也增加了其地上生物量;演替后期,由于植物凋落物的增加,凋落物在土壤微生物的作用下分解<sup>[13]</sup>,土壤养分进一步增加,地上生物量显著增加( $P < 0.05$ ).因此,我们在进行该区域生态恢复时需要营造一个森林生产力水平高、群落结构稳定、物种多样性水平高,整体功能发挥良好的群落环境<sup>[14]</sup>.

另外,田边菊与牡荆在演替中期具有较高的重要值是由于其较高的补偿性<sup>[15]</sup>;在演替前期,紫薇的生物量较高可能与该植物种类的生态适应性强有关;在演替后期,生物多样性指数及均匀度指数低于演替中期,可能与狗尾草、狗芽根具有强大的间接竞争优势,而抑制其它植物种类的生长<sup>[16]</sup>.在演替前期,由于生态环境的恶劣,物种须得提高生

物多样性来求得生存,这一结论与过去许多学者研究多样性的结果不同<sup>[17]</sup>,而与澳大利亚昆士兰东南部草地中所研究的结果一致<sup>[18]</sup>.这说明在不同演替阶段,各种植物对生态环境的敏感性存在较大差异,稳定性与多样性具有复杂的关系,植物中的多样性并不完全代表植物群落的稳定性,在讨论群落多样性与稳定性时的前提条件是,群落必须是充分成熟的<sup>[19]</sup>,同时,从而扩大了中等干扰假说的适用性<sup>[20,21]</sup>.因此,在促进该区域的生态重建时,必须适应该区域的气候、水分等条件,保证植物群落的稳定与演替方向,促进植物群落向正向方向发展<sup>[22,23]</sup>.

### 参考文献:

- [1] 吴则焰,林文雄,陈志芳,等.中亚热带森林土壤微生物群落多样性随海拔梯度的变化[J].植物生态学报,2013,37(5):397-406.  
Wu Ze-yan, Lin Wen-xiong, Chen Zhi-fang, et al. Variations of soil microbial community diversity along an elevational gradient in mid-subtropical forest [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2013, 37(5): 397-406.
- [2] 金晓明,韩国栋.放牧对草甸草原植物群落结构及多样性的影响[J].草业科学,2010,27(4):7-10.  
Jin Xiao-ming, Han Guo-dong. Effects of grazing intensity on species diversity and structure of meadow steppe community [J]. Pratacultural Science, 2010, 27(4): 7-10.
- [3] 杨宁,邹冬生,李建国.衡阳盆地紫色土丘陵坡地植被恢复模式建设[J].草业科学,2010,27(10):10-16.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Li Jian-guo. The vegetation restoration mode construction in sloping-land with purple soils in Hengyang basin [J]. Pratacultural Science, 2010, 27(10): 10-16.
- [4] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.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,2014,50(12):144-150.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Yang Man-yuan, et al. Dynamic changes of soil microbial biomass and soil nutrients along re-vegetation on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2014, 50(12): 144-150.
- [5] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.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,2014,34(10):2693-2701.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Yang Man-yuan, et al. Changes of the soil properties in re-vegetation stages on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(10): 2693-2701.

- 693-2 701.
- [6] 杨宁,付美云,杨满元,等.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,2014,34(11):2324-2330.  
Yang Ning, Fu Mei-yun, Yang Man-yuan, et al. Soil seed bank properties under different land-used models on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2014, 34(11): 2324-2330.
- [7] 陈璟,杨宁.衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复对土壤活性有机碳库的影响[J].热带亚热带植物学报,2016,24(5):568-576.  
Chen Jing, Yang Ning. Effects of re-vegetation on active organic carbon pool of purple soils on sloping-land in Hengyang, Hunan Province, China [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2016, 24(5): 568-576.
- [8] 周桔,雷霆.土壤微生物多样性影响因素及研究方法的现状与展望[J].生物多样性,2007,15(3):306-311.  
Zhou Ju, Lei Ting. Review and prospects on methodology and affecting factors of soil microbial diversity [J]. *Biodiversity Science*, 2007, 15(3): 306 - 311.
- [9] 周择福,林富荣,宋吉红.不同经营模式的水源涵养林生态防护功能研究[J].林业科学研究,2003,16(2):189-195.  
Zhou Ze-fu, Lin Fu-rong, Song Ji-hong. Study on ecological protective functions of water conservation forest managed with different measurements [J]. *Forest Research*, 2003, 16(2): 189-195.
- [10] 文东新,杨宁,杨满元.衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复对土壤微生物功能多样性的影响[J].应用生态学报,2016,27(8):2645-2654.  
Wen Dong-xin, Yang Ning, Yang Man-yuan. Effects of re-vegetation on soil microbial functional diversity in purple soils at different re-vegetation stages in Hengyang, Hunan Province, China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(8): 2645-2654.
- [11] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.贵州雷公山秃杉的种群结构和空间分布格局[J].西北植物学报,2011,31(10):2100-2105.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Yang Man-yuan, et al. Structure and spatial distribution pattern of *Taiwania flousiana* population in Leigong Mountain, Guizhou [J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2011, 31(10): 2100-2105.
- [12] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.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,2013,24(1):90-96.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Yang Man-yuan, et al. Relationships between vegetation characteristics and soil properties at different restoration stages on slope land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(1): 90-96.
- [13] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.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,2013,19(6):1516-1524.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Yang Man-yuan, et al. Soil enzyme activities in different re-vegetation stages on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, China [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2013, 19(6): 1516-1524.
- [14] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.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,2013,22(1):25-30.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Yang Man-yuan, et al. The change of soil microbial biomass carbon and the relationship between it and soil physio-chemical factors in different restoration stages on sloping-land with purple soils in Hengyang [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2013, 22(1): 25-30.
- [15] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤微生物群落多样性的变化[J].林业科学,2016,52(8):146-156.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Yang Man-yuan, et al. Variations of soil microbial community diversity in purple soils at different re-vegetation stages on sloping-land in Hengyang, Hunan Province, South-central China [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2016, 52(8): 146-156.
- [16] 赵兰凤,胡伟,刘小峰,等.生物有机肥对香蕉根际土壤微生物多样性的影响[J].华南农业大学学报,2013,34(2):144-148.  
Zhao Lan-fong, Hu Wei, Liu Xiao-feng, et al. Effects of bio-organic fertilizer on biodiversity in rhizosphere soil of banana [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2013, 34(2): 144-148.
- [17] Gosz J R. Ecological functions in a biome transition zone: Translating local response to broad-scale dynamics. In *Landscape Boundary-Consequence for Biotic Diversity and Ecological Flow* [M]. New York: Springer-Verlag, 1992: 55-75.
- [18] Fensham R J. The grassy vegetation of the Darling Downs, south-eastern Queensland, Australia, Floristics and grazing effects [J]. *Biological Conservation*, 1998, 84(3): 301-310.

- [19] 马洪婧,李瑞霞,袁发银,等.不同演替阶段栎树混交林群落稳定性[J].生态学杂志,2013,32(3):558-562.  
Ma Hong-jin, Li Rui-xia, Yuan Fa-yin Y, et al. Stability of *Platycladus orientalis* mixed forest communities at different successional stages[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(3): 558-562.
- [20] 杨宁,邹冬生,付美云,等.紫色土丘陵坡地恢复中土壤团聚体特征及其与土壤性质的关系[J].生态学杂志,2016,35(9):2361-2368.  
Yang Ning, Zou Dong-sheng, Fu Mei-yun, et al. Properties of soil aggregates in purple soils during re-vegetation on sloping land in relation to soil characteristics[J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(9): 2361-2368.
- [21] 刘朝辉,杨宁.湖南省衡阳市紫色土丘陵坡地不同恢复阶段植物群落稳定性[J].湖南生态科学学报,2016,3(1):7-12.  
Liu Chao-hui, Yang Ning. Stability of plant communities in different re-vegetation stages on sloping-land with purple soils in Hengyang City, Hunan Province [J]. Journal of Hunan Ecological Science, 2016, 3(1): 7-12.
- [22] 魏媛,喻理飞,张金池.退化喀斯特植被恢复过程中土壤微生物活性研究[J].林业科学,2008,44(7):6-10.  
Wei Yuan, Yu Li-fei, Zhang Jin-chi. Soil microbial characteristics during succession of degraded Karst vegetation [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2008, 44(7): 6-10.
- [23] 向泽宇,张莉,张全发,等.青海不同林分类型土壤养分与微生物功能多样性[J].林业科学,2014,50(4):22-31.  
Xiang Ze-yu, Zhang Li, Zhang Quan-fa, et al. Soil nutrients and microbial functional diversity of different stand types in Qinghai Province [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2014, 50(4): 22-31.

## Effects of Re-vegetation on Species Diversity and Structure of Plant Community in Purple Soils on Sloping-land in Hengyang

KUANG Yi-ming<sup>1</sup>, GUI De-zhi<sup>1</sup>, ZHANG Wei-guo<sup>1</sup>, WEN Dong-xin<sup>2</sup>

(1. Qiyang County Guabang Mountain Forest Farm, Qiyang 426100, China; 2. College of Science, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

**Abstract:** The re-vegetation stages were classified into successive early stage, middle stage and later stage by using an approach of spatial sequence instead of temporal sequence, and the plant community characteristics and bio-diversity index in each plot were measured. The results showed that: (1) In the process of succession, the total aboveground and middle-xerophyte biomass significantly increased ( $P < 0.05$ ), that of mesophyte were followed the order as middle stage > later stage > early stage ( $P < 0.05$ ), and that of xerophyte were followed the order as middle stage > early stage > later stage ( $P < 0.05$ ); (2) In the process of succession, Shannon-wiener diversity index ( $H'$ ), Simpson diversity index ( $H'$ ), Pielou evenness index ( $E$ ), Simpson evenness index ( $E'$ ) and Simpson dominant index ( $D$ ) significantly decreased ( $P < 0.05$ ), the richness index was followed the order as middle stage > early stage > later stage ( $P < 0.05$ ); (3) The important values of dominant species such as *Setaria viridis* and *Cynodon dactylon* significantly increased in the process of succession ( $P < 0.05$ ). 1fig., 3tabs., 23refs.

**Keywords:** successive; community characteristics; bio-diversity.

**Biography:** KUANG Yi-ming, male, born in 1975, assistant engineer, forest cultivation and forest ecology.