

# 衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段土壤理化特征

陈孙华

(湖南环境生物职业技术学院 园林学院, 湖南 衡阳 421005)

**摘 要:**以衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段的典型植被为研究对象,采用空间代替时间序列方法,选用立地条件基本一致、植被恢复阶段迥异的裸荒地、草地、灌木林和森林,通过调查取样和实验分析,探讨了衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段及同一恢复阶段不同土层土壤理化特征的时空变化;分析了不同植被恢复阶段的植被类型和土壤理化特性变化的内在联系及其互作效应。结果表明:随着植被恢复演替的进行,土壤黏粒含量总体增加,其中表层增加较多,亚表层、下层增加不明显;土壤容重逐渐减小,表层土壤容重小于亚表层与下层;土壤有机质逐渐增加,但随土层深度的增加而递减,表现出明显的表聚性;土壤全氮、速效磷和速效钾含量均呈上升趋势,由于植物根系及枯落物数量的差异,各营养成分的垂直分布各异。这将丰富该地区植物生态学与恢复生态学的内容,为衡阳紫色土丘陵坡地生态系统的恢复与重建提供了重要依据。

**关键词:**土壤理化特征;不同恢复阶段;紫色土;衡阳

**中图分类号:**S153

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2013)01-0057-04

## Soil Physiochemical Characteristics in Different Restoration Stages on Sloping-land with Purple Soils in Hengyang

CHEN Sun-hua

(College of Landscape and Architecture, Hu'nan Environmental-Biological Polytechnic College, Hengyang, Hu'nan 421005, China)

**Abstract:** By using the space series to replace time courses, four typical sample plots: the bare land, herbaceous community, shrubby community and arboreal community in similar sites in the sloping land with purple soil in Hengyang, standing for four different restoration stages, were selected as the study sites to explore the relationship and interaction effects of plant communities with the soil physiochemical characteristics in different restoration stages. The spatial change of soil physiochemical characteristics was studied in different restoration stages and different soil layers at the same restoration stages. The results showed that the soil clay contents increased in general, which increased considerably in surface layers but increased very little in sub-surface and lower surface layers; the soil bulk density decreased with the succession of different restoration stages, and the bulk density in surface soil was lower than that in sub-surface and lower surface; the soil organic matter(SOM) increased with the succession of different restoration stages in general, but the SOM declined with the increase of soil depth, which showed a clear concentration of SOM in the topsoil; the soil TN, AP and AK increased with the successions of different restoration stages; the differences of plant root and litter amount distributions resulted in the differences in profile distributions of each soil nutrient. This study could enriched and broadened the research field of vegetation ecology and restoration ecology in this area to some extent and provided an important theoretical basis for ecosystem restoration and reconstruction in sloping-land with purple soil in Hengyang.

**Key words:** soil physiochemical characteristics; different restoration stages; purple soil; Hengyang

植被与土壤是相互作用、协调发展的统一体,植被的演替伴随着土壤性状的变化<sup>[1-2]</sup>。植物群落变化总是与土壤的演化相关联,土壤分异导致植被变化,植被

变化影响着土壤的发育。因此,关于植被与土壤环境之间的关系研究,一直是生态学研究的一个重要领域。近年来,有关这方面的研究取得了一定的研究成果,主

收稿日期:2012-07-08

修回日期:2012-09-08

资助项目:湖南省重点项目“衡邵盆地生态公益林重点建设区植被恢复研究与示范”(62020608001);湖南省科技厅项目“湖南省紫色土荒山坡地植被恢复技术研究”(S2006N332);湖南环境生物职业技术学院院长科研基金青年资助项目“衡阳盆地紫色土丘陵坡地自然恢复灌丛阶段主要种群生态位特征”(Z09-01)

作者简介:陈孙华(1972—),男,湖南茶陵人,讲师,主要从事林业技术与园林的教学与研究工作。E-mail:chensunhua1@sina.com

要涉及植物群落演替阶段土壤特性的差异<sup>[3-4]</sup>;植物群落演替进程中土壤肥力变化综合评价<sup>[5-7]</sup>;植物群落分布与土壤特征与土壤营养关系<sup>[8-10]</sup>等方面。但对于衡阳紫色土丘陵坡地土壤理化特征随植被不同恢复阶段的变化未见报道。

衡阳紫色土丘陵坡地是湖南省环境最为恶劣的地区之一,该区域水土流失严重,植被稀疏,基岩裸露,有的区域几乎没有土壤发育层,生态环境十分恶劣,植被恢复十分困难<sup>[11-12]</sup>。为此,本研究以衡阳紫色土丘陵坡地为例,研究植被不同恢复阶段土壤理化特征,旨在为衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复与重建提供科学依据,为其生态环境建设与可持续的生态农业发展提供实践参考。

## 1 研究区概况

研究区域位于湖南省中南部,湘江中游,地理坐标为 110° 32′ 16″—113° 16′ 32″ E, 26° 07′ 05″—27°28′24″N。属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。地貌类型以丘岗为主。紫色土面积有 1.625×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,呈网状集中分布于该区域中部海拔 60~200 m 的地带,东起衡东县霞流、大浦,西至祁东县过水坪,北至衡阳县演陂、渣江,南达常宁市官岭、东山和耒阳市遥田、市炉一带,以衡南、衡阳两县面积最大。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置

以空间代替时间的方法<sup>[13]</sup>,在具有代表性的地带,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的裸荒地、草本群落、灌木群落和乔木群落 4 块样地,分别表示演替初期(I)、演替中前期(II)、演替中后期(III)与演替后期(IV)4 个阶段。

### 2.2 样品的采集与分析

在 4 个样地中取面积 900 m<sup>2</sup> (30 m×30 m)于春季(2010 年 3 月)、夏季(2010 年 8 月)、秋季(2010 年 11 月)和冬季(2011 年 1 月),采用 S 型或梅花型 5 点,以 0—20 cm(表层),20—40 cm(亚表层)和 40—60 cm(下层)分 3 层(分别用 A、B 与 C 层表示)混合取样;按相同生境、相同层次的 5 个点的土样等比例混合为一个混合样,去掉土壤中可见植物根系和残体,经风干后过筛,供土壤养分测定等。其中,土壤水分、土壤容重用铝盒、团粒结构、容重环刀制取<sup>[14]</sup>;有机质采用重铬酸钾—外加热法测定,全氮采用半微量开氏法测定,速效磷采用 NaHCO<sub>3</sub> 提取—钼锑抗显色—紫外分光光度法测定,速效钾采用 NH<sub>4</sub>AC—原子吸收法测定<sup>[15]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同植被恢复阶段对土壤物理性质的影响

3.1.1 不同恢复阶段对土壤团聚体组成的影响 由表 1 可知,随着植被恢复的演替进行,土壤中的微团聚体含量增加,其中表层土变化最明显,0—20 cm 表层土壤小于 0.05 mm 微团粒百分比在演替中前期(II)、演替中后期(III)与演替后期(IV)比演替初期(I)分别减少了 18.42%,40.21%与 60.25%。这是由于随着植被恢复的演替进行,植被盖度增加,减小了雨滴对地面的击溅侵蚀,降低了径流对土壤的冲刷,稳定了成土环境,使土壤的黏化作用增强,微团粒聚集明显,砂粒含量减小,土壤抗蚀性与抗冲性提高,有效地减少了水土流失。

表 1 不同植被恢复阶段土壤团聚体组成

演替 阶段	土层 深度/cm	各级团聚体含量百分比/%					
		<0.05 mm	0.25~0.05 mm	1~0.25 mm	2~1 mm	5~2 mm	>5 mm
I	0—20	0.67	2.10	6.27	74.08	11.32	0.25
	20—40	0.75	2.61	6.51	72.08	11.86	0.15
	40—60	0.85	2.32	8.53	78.07	11.99	0.14
II	0—20	0.97	2.13	6.57	72.02	11.93	0.20
	20—40	0.82	1.97	6.87	74.81	12.20	0.13
	40—60	0.93	2.93	6.32	79.92	11.61	0.12
III	0—20	0.87	2.43	7.10	70.72	12.89	0.14
	20—40	0.90	2.80	7.33	78.93	12.79	0.12
	40—60	0.82	2.62	4.66	77.51	11.66	0.17
IV	0—20	0.98	2.94	8.03	78.73	14.39	0.09
	20—40	0.86	2.32	8.01	74.30	14.36	0.07
	40—60	0.93	2.95	9.22	74.26	17.03	0.09

3.1.2 不同植被恢复阶段对土壤容重的影响 研究表明(图 1),不同植被恢复阶段土壤容重均随土层深度的增加而增大,增加幅度最大的为演替中前期(Ⅱ)的表层与亚表层,增加 6.67%,同一层次的土壤容重在不同的演替阶段随着演替的进行逐渐减小,土壤容重最小的是演替后期的表层,为 1.26 g/cm<sup>3</sup>,最大的为演替初期的底层,为 1.74 g/cm<sup>3</sup>。造成这一现象的主要原因是随着植被恢复的演替进行,植被盖度与枯枝落叶也相应增加,地表土壤的养分条件改善,使植物细根在土壤表层(0—20 cm)富集<sup>[16-18]</sup>。

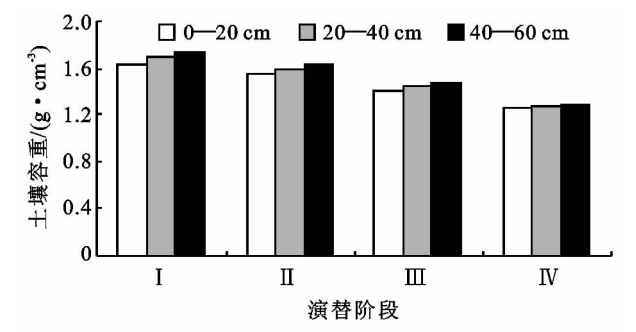


图 1 不同植被恢复阶段土壤容重变化

3.2 不同植被恢复阶段的土壤化学性质的变化

3.2.1 土壤有机质变化 研究表明(图 2),衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段的土壤有机质变化趋势基本一致,其含量均随土层深度的增加而递减,表现出明显的表聚性;在演替初期(Ⅰ)与演替中前期(Ⅱ)0—40 cm 土层土壤的有机质含量极其接近,这是因为在这两个阶段,土壤表层的枯落物较少,形成上具有同源性;在演替中后期(Ⅲ)有机质含量的差异随土层深度的增加而增大,这是由于在此演替阶段,植物枯落物及其根系主要集中在 0—40 cm 土层,而在 40—60 cm 土

层处较少。在演替后期(Ⅳ),由于地表枯落物及其残根的增加,0—20 cm 土层土壤的有机质含量增加幅度较大,比演替中后期(Ⅲ)同层次增加了近 50%。

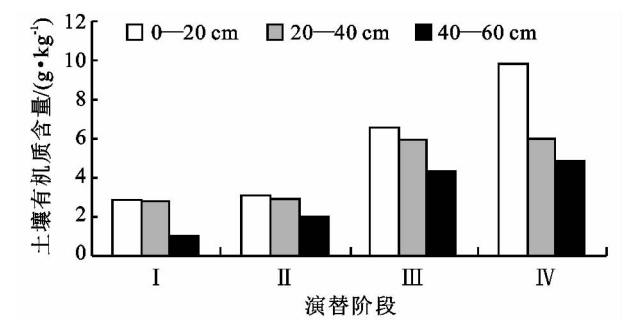


图 2 不同植被恢复阶段土壤有机质变化

3.2.2 土壤全氮、速效磷与速效钾的变化 随着植被恢复的演替进行,土壤全氮、速效磷与速效钾呈现出一定的时空变化规律(表 2)。土壤全氮含量与土壤有机质含量的分布相似,呈上高下低的特征<sup>[12,19-20]</sup>。但进一步分析发现,由于植被状况等生态因素差异,相同层次土壤全氮存在一定的差异。在演替初期(Ⅰ),表层 0—20 cm 土壤的含氮量低于亚表层 20—40 cm,这可能与这一阶段的裸荒地水土流失带走表层一部分氮素有关;在其他演替阶段,全氮的含量随土层的变化规律与土壤有机质的含量相对应,为上高下低,说明土壤中全氮的含量与有机质的含量具有极强的相关性<sup>[21]</sup>;但值得一提的是,尽管演替后期(Ⅳ)表层土壤全氮量大于演替中后期(Ⅲ),但在另外两个土层中,演替后期(Ⅳ)土壤全氮量却小于演替中后期(Ⅲ),这主要是因为演替后期(Ⅳ)乔木群落的地上部分生物量大于演替中后期(Ⅲ),则从地下主要根区(20—60 cm)吸收消耗的氮量必然较多<sup>[22-23]</sup>。

表 2 不同植被恢复阶段土壤全氮、速效磷与速效钾的变化

演替 阶段	全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )			速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )			速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )		
	0—20 cm	20—40 cm	40—60 cm	0—20 cm	20—40 cm	40—60 cm	0—20 cm	20—40 cm	40—60 cm
Ⅰ	1.29	1.38	1.04	2.82	2.84	2.71	80.13	78.95	70.36
Ⅱ	1.35	1.31	1.16	3.66	3.59	3.01	92.39	80.32	69.30
Ⅲ	1.73	1.56	1.19	5.90	6.76	3.13	98.86	82.35	68.98
Ⅳ	1.80	1.51	1.17	7.60	8.11	3.19	110.87	80.01	50.30

随着植被恢复的演替进行,速效磷的含量在逐渐增加,这可能与土壤中的有机质含量逐渐增加有关。在演替初期(Ⅰ)与演替中前期(Ⅱ)0—60 cm 土层土壤速效磷变化幅度不大,可能是由于土壤有机质含量较低,土壤容重较大,导致土壤速效磷的有效性与移动性较差;在演替中后期(Ⅲ)与演替后期(Ⅳ)0—20 cm 表层土壤中速效磷反而比 20—40 cm 亚表层低,导致这种现象的原因可能一方面为表层土壤沙性较大,砂土对磷的吸附能力较弱<sup>[24]</sup>;另一原因是正磷酸盐容易被还原,致使速效磷易于被雨水淋失;4 个演替阶段 40—

60 cm 底层土壤速效磷的变化幅度不大,一方面说明植物的根系主要分布于表层与亚表层,底层分布较少,另一方面说明植物生长所必需的磷几乎全部由土壤供给,磷在土壤中的移动性与挥发性较小。

随着植被恢复的演替进行,在 0—20 cm 的表层,土壤速效钾随植被恢复的演替进行而逐渐增加,这与表层枯落物的逐渐增加有关;Ⅰ—Ⅳ 演替阶段,20—40 cm 亚表层土壤速效钾变化幅度不大,其原因在于随着演替的进行,枯枝落叶层腐殖化作用增加的营养在表土层富集,而枯枝落叶的矿化难易程度与土壤的

水分等环境条件有关,土壤养分逐渐向下淋溶需要时间的积累;40—60 cm 下层土壤速效钾随着演替的进行而逐渐下降,这是因为随着演替进行,植物生长需要大量的钾元素,其根系逐渐向下扩展,而通过降水淋溶作用而到达下层的钾元素低于植物生长吸收数量,以致于下层钾元素处于下降的状态。

## 4 讨论

(1) 植物群落的演替是对其初始状态的异化过程,不但体现在种类组成与结构的变化上,也体现在环境的改变中。土壤作为植物环境的主要因子,其基本属性的改变必然影响群落演替,某一演替阶段的群落特征和土壤特征,是群落与土壤协同作用的结果。因此,植物群落的演替过程,也是植物对土壤不断适应和改造的过程,土壤性质是植物演替的重要驱动力之一。在同一气候和土壤条件下,所覆盖的植被类型不同,土壤的理化性质的差异,反映了土壤特性除了与成土母岩、气候和自然理化性质有密切关系外,植被的作用也不可忽视。植物群落对土壤发育的作用,一是通过改变群落水热环境直接影响土壤的发育条件,二是通过根系和枯落物回归土壤而直接参与土壤的成土过程<sup>[25]</sup>。

(2) 在衡阳紫色土丘陵坡地,随着植被恢复的不断进行,总体上土壤理化特征趋于改善,为赖以生存的植物提供物质条件,但由于植物通过根系吸收营养物质以及枯落物回归土壤参与成土过程,土壤肥力不均匀,具有高度的空间异质性<sup>[26-27]</sup>,相关研究有待于今后进一步深入。

### 参考文献:

- [1] Mcquilkin W E. The natural establishment of pine in abandoned fields in the Piedmour Plateau Region[J]. Ecology, 1940, 21(2): 135-147.
- [2] Yang N, Li J G. Growth dynamics of rapeseed leaves based on MATLAB[J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(5): 96-98.
- [3] 曲国辉,郭继勋. 松嫩平原不同演替阶段植物群落和土壤特性的关系[J]. 草业学报, 2003, 12(1): 18-22.
- [4] Nihlgrad B. Pedological influence of spruce planted on former beech forest soil in Scania[J]. South Sweden Oikos, 1971, 22(3): 302-314.
- [5] 张庆费,宋永昌,由文辉. 浙江天童植物群落次生演替与土壤肥力的关系[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 174-178.
- [6] Kellner O, Redbo-torstensson P R. Effects of elevated nitrogen deposition on field-layer vegetation in coniferous forests[J]. Ecological Bulletins, 1995, 44(1): 227-237.
- [7] 杨小波,张桃林,吴庆书. 海南琼北地区不同植被类型物种多样性与土壤肥力的关系[J]. 生态学报, 2002, 22(2): 190-196.
- [8] 侯扶江,南志标,肖金玉,等. 重牧退化草地的植被、土壤及其耦合特征[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 915-922.
- [9] 王琳,张金屯,上官铁梁,等. 历山山地草甸的物种多样性及其与土壤理化性质的关系[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(1): 18-22.
- [10] 杨文文,李学培,王洪英. 东北黑土区坡耕地水土流失及防治技术研究进展[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 232-236.
- [11] 杨宁,邹冬生,李建国. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地植物群落数量分类及物种多样性研究[J]. 农业现代化研究, 2009, 30(5): 615-619.
- [12] 杨宁,邹冬生,李建国. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地自然恢复灌丛阶段主要种群空间分布格局[J]. 生态环境学报, 2009, 18(3): 996-1001.
- [13] 杨宁,邹冬生,李建国,等. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地主要植物群落自然恢复演替进程中种群生态位动态[J]. 水土保持通报, 2010, 30(4): 87-93.
- [14] 杨宁,邹冬生,李建国. 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, 2009, 16(6): 16-21.
- [15] 安慧,韦兰英,刘勇,等. 黄土地陵区油松人工林和白桦天然林细根垂直分布及其与土壤养分的关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 611-619.
- [16] 廖利平,邓士坚,于小军,等. 不同连栽代数杉木人工林细根生长、分布与营养物质分泌特征[J]. 生态学报, 2001, 21(4): 569-573.
- [17] 杨宁,邹冬生,李建国. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地主要植物群落生物量特征[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2009, 35(5): 466-469.
- [18] 陈文庆,李鹏,张良恩,等. 林木细根分布规律与土壤水分响应关系研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(6): 92-96.
- [19] 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.
- [20] 陈志阳,杨宁,姚先铭,等. 贵州雷公山秃杉种群生活史特征与空间分布格局[J]. 生态学报, 2012, 32(7): 2158-2165.
- [21] 李灵,张玉,江慧华,等. 旅游干扰对武夷山风景区土壤质量的影响[J]. 水土保持研究, 2009, 16(6): 56-62.
- [22] 杨宁,彭晚霞,邹冬生,等. 贵州喀斯特土石山区水土保持生态经济型植被恢复模式[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(S1): 474-477.
- [23] 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.
- [24] 白军红,邓伟,张玉霞. 莫英格湿地土壤氮磷空间分布规律研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 79-81.
- [25] 陈宗伟,江玉林,张洪江. 青藏高原高速公路建设中弃土场土壤流失量特征:以青海平阿高速公路为例[J]. 水土保持研究, 2006, 13(6): 4-6.
- [26] 熊汉锋,王运华. 梁子湖湿地土壤养分的空间异质性[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(5): 584-589.
- [27] 杨宁,李建国. 基于 MATLAB 分析油菜若干性状之间的关系[J]. 中国农学通报, 2008, 24(9): 36-38.