

徐州泉山自然保护区人工林下土壤容重与孔隙度时空变化研究

于法展, 李保杰, 尤海梅, 李淑芬  
(徐州师范大学 城市与环境学院, 江苏 徐州 221116)

**摘 要:**通过对设于泉山自然保护区人工侧柏林与刺槐林 4 块测试样地的土壤容重进行测定, 同时与裸地进行对比, 结果表明, 该保护区人工林下土壤容重与孔隙度随时间无确定的变化规律; 而在人工林下土壤空间结构变化规律明显: 不管在任何时间段, 均表现出土壤容重随土层深度增加而逐渐增大, 土壤孔隙度随土层深度增加而逐渐减小的规律, 并且侧柏林改变土壤容重的作用大于刺槐林。另外, 该土壤容重均小于裸地, 人工林通过腐殖质作用能够降低土壤容重, 使其土壤通透性及保肥能力较好。

**关键词:** 人工林; 土壤容重; 土壤孔隙度; 时空变化; 泉山自然保护区

中图分类号: S152. 5      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2007) 06-0164-03

Study on Spatial-Temporal Changes on Undergrowth the Plantation Soil Bulk Density and Soil Porosity of Quanshan Nature Reserve in Xuzhou

YU Fa-zhan, LI Bao-jie, YOU Hai-mei, LI Shu-fen  
(College of Urban and Environmental Sciences, Xuzhou Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

**Abstract:** The soil bulk density in four sampling areas in *Platycladus orientalis* plantation forests and *Robinia pseudoacacia* forest of Quanshan Nature Reserve in Xuzhou are determined and compared with that in bare area. The results show that there's no rule of the variation between undergrowth soil bulk density and soil porosity and the depth; while the rule of the variation of undergrowth soil spatial structure is clear. Regardless at what time the soil bulk density gets larger with the soil gets deeper while the soil porosity gets smaller with the soil gets deeper, besides, the effects of *Platycladus orientalis* plantation forests is larger than that of *Robinia pseudoacacia* forest. Besides, the soil bulk density of park greenery plot soil is larger than that of bare area and the soil bulk density gets smaller by the humus of plantation, which makes the penetration and retentivity fertilizer get better.

**Key words:** the plantation; soil bulk density; soil porosity; spatial-temporal change; Quanshan Nature Reserve in Xuzhou

容重与孔隙度是土壤的基本物理性质, 直接影响着土壤蓄水和通气性, 并间接影响着土壤肥力和植物生长状况<sup>[1]</sup>。森林土壤是生物生息循环的基础, 它作为自然生态系统的一个重要组成部分, 一方面为森林植被的存在和发展提供必要的物质基础, 另一方面, 森林植被的出现及其演替反过来也将影响土壤的形成和发育。因此, 合理利用、保护和改善森林土壤资源以提高林地生产力一直是林学与土壤生态学关注的焦点<sup>[2]</sup>。本文以徐州市泉山自然保护区内的 2 种人工林下土壤为研究对象, 通过野外调查、采样分析和资料收集, 运用回归分析方法对其土壤容重和孔隙度时空动态变化规律及其影响因素进行研究, 旨在揭示不同森林植被与土壤特性的关系, 为该保护区生态林下土壤培肥管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

泉山自然保护区位于江苏省徐州市南郊, 包括泉山和附近的泰山, 总面积 370 hm<sup>2</sup>, 其地理位置为东经 117°10', 北纬 34°17', 属暖温带季风气候区, 受东南季风影响较大。该保护区计有维管束植物 88 科, 267 属, 437 种, 其中青檀

(*Pteroceltistata rinowii*)、野大豆(*Glycine soja*)为国家三级保护植物。该区的森林植被主要包括 2 个群系<sup>[3]</sup>: (1) 侧柏(*Platycladus orientalis*)林: 纯林, 乔木层郁闭度 0.4~0.6, 林下灌木、草本稀少, 没有形成明显的层次; (2) 刺槐(*Robinia pseudoacacia*)林: 纯林, 乔木层郁闭度 0.5~0.7, 灌木层盖度 5%~10%, 草本层盖度 30%~70%。保护区顶极植被已遭到破林, 以上 2 种植被类型均为人工林, 约有 50 余年的历史。该区的土壤包括粗骨褐土与淋溶褐土 2 个亚类: 粗骨褐土由石灰岩残坡积物发育而成, 土层浅薄, 砾石或岩屑含量高, 主要分布在山体中上部; 淋溶褐土成土母质系第四纪黄土, 土层深厚, 集中出现在山麓地带。

1.2 土样采集与测定方法

以保护区内 2 种人工林下土壤为研究对象, 同时与裸地进行对比, 采样日期分别为 2006 年 5 月 20 日、6 月 15 日、7 月 15 日和 10 月 10 日。人工侧柏林与刺槐林下的 4 块标准地(20 m×20 m)的土壤剖面选在靠近测试样地的位置, 这样既保证土壤调查的代表性, 又不破坏样地的完整性。每个样点应用环刀法分别在不同土壤层次 0-10、15-30、40-60 cm,

\*收稿日期: 2006-11-20  
基金项目: 徐州师范大学科研基金资助项目(04XLB23)  
作者简介: 于法展(1972-), 男, 硕士, 主要从事土壤生态与环境研究。

采集新鲜土样, 每一土壤层次重复采样 3 次, 然后分别进行容重( $d_1, d_2, d_3$ )测定和孔隙度( $P_1\%, P_2\%, P_3\%$ ) 计算, 土壤孔隙度的计算采用  $P\% = 93.947 - 32.995 d^{1.43}$ 。所有数据的统计与相关分析采用 SPSS 11.5 软件( 回归分析) 进行。

土壤容重的测定采用环刀法, 具体参照《森林土壤分析方法》: ( 1) 取大铝盒( 直径和高均为 60 cm) 洗净烘干, 放干燥器中冷却至室温, 快速用电子天平准确称重  $W_1$ ; ( 2) 按采样要求, 采集新鲜土样的环刀( 体积为  $V$ ) 量于铝盒中, 每个样点重复采样 3 次, 注意把环刀两端的多余土壤用土刀削平, 然后盖好盖子带回实验室立即称重  $W_2$ ; ( 3) 把装入新鲜土样的铝盒盖子打开并放于盒下, 一并放入鼓风干燥箱内( 105~ 110℃) 烘烤 48 h, 取出后放入干燥器中冷却至室温, 迅速称重  $W_3$ ; ( 4) 结果计算:  $d = (W_3 - W_1)/V$ , 式中:  $W_1$  —— 铝盒重;  $W_3$  —— 铝盒+ 土样重。

2 结果与分析

2.1 土壤容重与孔隙度时间动态变化

从测定结果来看, 4 块测试样地与裸地在不同时间段( 5

表 1 不同人工林下土壤容重与孔隙度(5 月 20 日)<sup>[1]</sup>

指标/ 类型	S1	S2	S3	S4	裸地
容重/( g • cm <sup>-3</sup> )	1.25±0.86	1.23±0.95	1.27±0.51	1.29±0.57	1.34±0.83
孔隙度/ %	52.70±21.67	53.36±19.39	52.04±23.43	51.38±25.41	49.73±20.35

注: ( 1) 平均值±标准差; ( 2) S1, S2——侧柏林区; S3, S4——刺槐林区, 下表同。

表 2 不同人工林下土壤容重与孔隙度(10 月 10 日)<sup>[2]</sup>

指标/ 类型	S1	S2	S3	S4	裸地
容重/( g • cm <sup>-3</sup> )	1.26±0.79	1.24±0.89	1.28±0.62	1.30±0.68	1.32±0.74
孔隙度/ %	52.37±22.46	53.03±17.82	51.71±21.34	51.05±20.97	50.39±23.14

2.2 土壤容重与孔隙度空间动态变化

从表 3 可以得出, 在 0~ 10, 15~ 30, 40~ 60 cm 三个不同的土层中, 不论是在任何时间段( 6 月 15 日和 7 月 15 日) , 4 块测试样地以及裸地土壤空间结构变化规律明显, 均表现出土壤容重随土层深度增加而逐渐增大, 土壤孔隙度随土层

月 20 日和 10 月 10 日) , 其容重和孔隙度表现不一样, 且有一定的差异: 从表 1、表 2 得出, 在同一时间段、同一林地间的土壤容重与孔隙度差异不明显; 不论在任何时间段, 侧柏林下土壤的平均容重小于刺槐林, 而孔隙度则与之相反。这是因为刺槐林的分林具有多层次结构, 林分生物量组成及分布较合理, 并且其林分地上部分持水量大, 土壤腐殖质积累较多( 表土层的枯枝落叶腐解所致)。另一方面, 在不同时间段, 同一林地间的土壤容重与孔隙度有一定差异。这说明随着时间的变化, 过多的降水( 降雨主要集中在 7, 8 月份) 可能导致其表土细小颗粒流失比较严重, 从而使容重增大, 孔隙度相应减少。此外, 表 1、表 2 中裸地的容重都比人工林地要大, 原因是裸地上植被很少, 其土壤特性得不到植被的改善( 人工林通过腐殖质作用能够降低土壤容重) , 再加上降雨导致表土细小颗粒流失严重, 从而使土表容重变大, 孔隙度很小。通过 SPSS 11.5 回归分析结果显示, 该土壤容重与孔隙度随时间无确定的变化规律( 相关系数太低, 显著水平  $P > 0.05$ ) 。

深度增加而逐渐减小的规律。原因是人工林下有枯枝落叶覆盖, 浅层土壤比较疏松, 随着土壤深度的增加, 土壤紧实度增加, 致使土壤结构坚硬致密, 其土壤容重变大; 同时, 由于随着土壤层次的加深, 下层土壤透水、透气性较差, 从而使得土壤孔隙度逐渐降低。

表 3 人工林下不同土层的土壤容重与孔隙度

类型	土层/ cm	土壤容重/( g • cm <sup>-3</sup> )		土壤孔隙度/ %	
		6 月 15 日	7 月 15 日	6 月 15 日	7 月 15 日
S1	0~ 10	1.22±0.53	1.24±0.68	53.69±18.89	53.03±21.46
	15~ 30	1.29±0.86	1.31±0.91	51.38±29.56	50.72±24.57
	40~ 60	1.35±0.93	1.38±0.42	49.40±16.74	48.41±12.68
S2	0~ 10	1.25±0.49	1.27±0.67	52.70±27.31	52.04±25.39
	15~ 30	1.30±0.62	1.33±0.89	51.05±24.52	50.06±23.15
	40~ 60	1.41±0.83	1.42±0.52	47.42±15.09	47.09±20.81
S3	0~ 10	1.27±0.76	1.29±0.83	52.04±26.19	51.38±19.04
	15~ 30	1.34±0.65	1.36±0.54	49.73±31.25	49.07±28.76
	40~ 60	1.43±0.82	1.45±0.72	46.76±20.84	46.10±13.35
S4	0~ 10	1.28±0.79	1.27±0.81	51.71±21.18	52.04±19.37
	15~ 30	1.35±0.47	1.33±0.46	49.40±25.33	50.06±25.99
	40~ 60	1.46±0.56	1.43±0.75	45.77±18.43	46.76±15.42
裸地	0~ 10	1.35±0.58	1.37±0.67	49.40±32.51	48.74±28.17
	15~ 30	1.41±0.75	1.43±0.83	47.42±28.36	46.76±32.08
	40~ 60	1.48±0.91	1.47±0.78	45.11±19.05	45.44±26.31

对不同土层侧柏林与刺槐林下土壤作 SPSS 11.5 回归分析结果显示( 图 1、图 2) , 土壤容重随土壤深度的变化达到显著水平( $P < 0.01$ ) , 而土壤孔隙度随土壤深度的变化也达

到显著水平( $P < 0.01$ )。这也说明了不同林地下土壤表现出土壤容重随土层深度增加而逐渐增大, 土壤孔隙度随土层深度增加而逐渐减小的规律, 而且通过比较可知, 侧柏林改

变土壤容重的作用大于刺槐林(人工林通过腐殖质作用能够

降低土壤容重),这与以上数据(2.1)得出的结论相吻合。

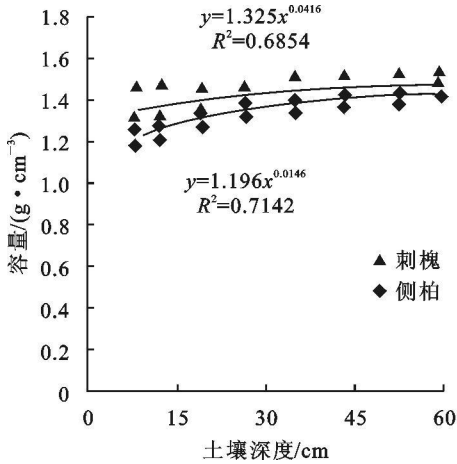


图 1 容重随土壤深度的变化

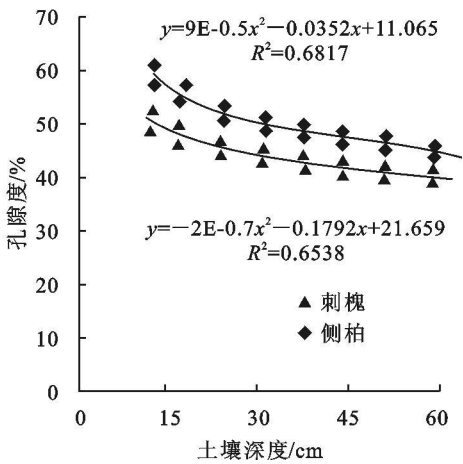


图 2 孔隙度随土壤深度的变化

3 讨论

泉山自然保护区内不同人工林下土壤类型的时间变化规律不一,即土壤容重与孔隙度在不同的时间段所表现出的动态规律不一致。一方面与该保护区林地类型的植被特性、种植时间的长短及其取样的时间间隔有关,另一方面由于土壤结构存在着空间异质性,对土壤容重与孔隙度到底有多大的影响,还需要进一步研究。

参考文献:

[1] 贺康宁. 水土保持林地土壤水分物理性质的研究[J]. 北京林业大学学报, 1995, 17(3): 44- 50.  
[2] 游秀花, 蒋尔可. 不同森林类型土壤化学性质的比较研究[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(3): 357- 360.

[3] 阎传海. 徐州泉山自然保护区评价[J]. 生态科学, 1998, 17(1): 70- 75.  
[4] Hant B, Walmsly T J, Bradshaw A D. Importance of soil physical conditions for urban tree growth, in Hodge[ J]. Research for Practical Arboriculture. Forestry Commission Bulletin, 1991, 97: 51- 62.  
[5] 何东进, 洪伟, 胡海清, 等. 武夷山风景区森林景观土壤物理性质异质性及其分形特征[J]. 林业科学, 2005, 41(5): 175- 179.  
[6] 刘鸿雁, 黄建国. 缙云山森林群落次生演替中土壤理化性质的动态变化[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2041- 2046.

(上接第 163 页)

[5] Western A W, Böschl G, Grayson R B. Geostatistical characterization of soil moisture patterns in the tarawarra catchment[ J]. Journal of Hydrology, 1998, 205: 20- 37.  
[6] Western A W, Böschl G. On the spatial scaling of soil moisture[ J]. Journal of Hydrology, 1999, 217: 203- 224.  
[7] 傅伯杰, 王军, 马克明. 黄土丘陵区土地利用对土壤水分的影响[J]. 中国自然科学基金, 1999, 13(4): 225- 227.  
[8] Miller R E, VerHoef J M, Fowler N L. Spatial heterogeneity in eight central Texas grasslands[J]. Journal of Ecology, 1995, 83: 919- 928.  
[9] Dutilleul P, Legendre P. Spatial heterogeneity against heteroscedasticity: an ecological paradigm versus a statistical concept[ J]. Oikos, 1993, 66: 152- 167.  
[10] 王根绪, 郭晓寅, 程国栋. 黄河源区景观格局与生态功能的动态变化[J]. 生态学报, 2002, 22(10): 1587- 1598.  
[11] 程国栋, 王根绪, 王学定, 等. 江河源区生态环境变化与成因分析[J]. 地球科学与进展, 1998, 13(增刊): 24- 31.  
[12] 王根绪, 沈永平, 程国栋. 黄河源区生态环境变化与成因分析[J]. 冰川冻土, 2000, 22(3): 200- 204.  
[13] 沈永平, 王根绪, 吴青柏, 等. 长江- 黄河源区未来气

候下的生态环境变化[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 308- 314.  
[14] 王根绪, 程国栋, 沈永平, 等. 江河源区的生态环境变化及其综合保护研究[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2001.  
[15] 王根绪, 程国栋, 沈永平. 土地覆盖变化对高山草甸土壤特性的影响[J]. 科学通报, 2002, 47(23): 1771- 1777.  
[16] 王一博, 王根绪, 常娟. 人类活动对青藏高原冻土环境的影响[J]. 冰川冻土, 2004, 26(5): 523- 527.  
[17] 王一博, 王根绪, 沈永平, 等. 青藏高原高寒区草地生态环境系统退化研究[J]. 冰川冻土, 2005, 27(5): 633- 640.  
[18] Legendre P, Fortin M J. Spatial pattern and ecological analysis[ J]. Vegetation, 1989, 80: 107- 138.  
[19] Fortin M J, Draperal P, Legendre P. Spatial autocorrelation and sampling design in plant ecology[J]. Vegetation, 1989, 83: 209- 222.  
[20] 谢昌卫, 丁永建, 刘时银, 等. 长江- 黄河源寒区径流时空变化特征对比[J]. 冰川冻土, 2003, 25(4): 414- 422.  
[21] 王军, 傅伯杰, 邱扬, 等. 用空间内插法研究黄土丘陵小流域土壤水分时空分布特征[J]. 自然科学进展, 2002, 12(4): 430- 433.