

浙江天童森林公园植物群落演替 对土壤物理性质的影响

张庆费

由文辉 宋永昌

(上海市园林科学研究所, 上海 200232) (华东师范大学环境科学系, 上海 200062)

摘要 对浙江宁波天童森林公园内的裸地、灌丛、马尾松林、马尾松木荷林、木荷林、栲树木荷林和栲树林等演替阶段土壤物理性质进行了比较分析。结果表明, 尽管由于样地坡度和母质等因素的影响, 演替群落土壤呈现趋砂性特征, 但植物群落进展演替能明显降低土壤容重, 阔叶林群落减少的幅度更显著; 同时, 演替能提高土壤孔隙度; 土壤含水量、土壤最大持水量、毛管持水量和最小持水量在演替过程中的增长趋势明显; 土壤固相率减少, 气相率增大。因此, 植物群落进展演替能明显降低土壤紧实性, 改善土壤通气性及持水性能, 呈现出与土壤质地效应相反的变化趋势, 促进了土壤肥力的发挥。而土壤物理性质的改善, 也有利于群落物种更替和演替进程。

关键词 亚热带常绿阔叶林; 次生演替; 土壤物理性质

Influence of plant community succession on soil physical properties in Tiantong Forest Park, Zhejiang Province Zhang Qing-Fei (Shanghai Institute of Landscape Gardening, Shanghai 200232), You Wen-Hui and Song Yong-Chang (Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062), *J. Plant Resour. & Environ.* 1997, 6(2): 36~40

The physical properties of the plant community succession series in Tiantong Forest Park, Ningbo, Zhejiang Province were compared. Owing to the difference of slopes and soil parent materials, the soils among the succession series exhibited the tendency of getting sand. Even though, soil bulk density decreased distinctly as succession proceeded, especially in broad-leaved forest types. On the other hand, soil porosity tended to increase. Furthermore, soil water content, maximum water holding capacity, capillary water holding capacity and minimum water holding capacity showed more distinct increasement pattern. Solid phase ratios decreased and air phase ratios increased during the course of succession. Results from this study implied that progressive succession can reduce soil tightness and improve soil aeration, water permeability and holding capacity, which showed the opposite variation trend with the effect of soil texture, gave play to soil fertility and the amelioration of soil physical properties can also promote the process of forest succession.

Key words subtropical evergreen broad-leaved forest; secondary succession; soil physical properties

森林演替是植物生态学的重要研究内容, 国内外许多学者进行了大量研究, 但主要侧重于植物群落的结构和物种变化, 土壤因子变化的研究相对较少, 土壤物理性质的研究更少^[1~3]。

• 国家自然科学基金资助项目(编号 39470131)

收稿日期 1996-10-18

作者选择了浙江省宁波市鄞县天童森林公园内的主要植物群落演替阶段,对它们的土壤颗粒组成、土壤含水量、持水量、容重和孔隙度等物理指标进行比较分析,以探讨植物群落进展演替中主要土壤物理性质的变化规律。

1. 研究地区及研究方法

天童国家森林公园位于浙江宁波鄞县东部的太白山麓(29°48'N, 121°47'E),面积 349 hm²,最高峰为 653.3 m,坡度多在 10°~30°之间。气候温暖湿润,年平均气温 16.2℃,≥10℃的活动积温为 5 166.2℃,年平均降雨量为 1 374.7 mm,年蒸发量 1 320.1 mm,年相对湿度 82%,属典型的亚热带季风气候。土壤为山地黄红壤,成土母质主要是中生代沉积岩和部分酸性火成岩及石英砂岩和花岗岩残积风化物。地带性植被为典型的中亚热带北缘常绿阔叶林^[4],由于 1958 年大炼钢铁时,曾对森林进行不同程度的采伐干扰,因而,形成了比较完整的裸地、灌丛直到常绿阔叶林的次生演替系列。

运用次生演替的空间序列代替时间序列的研究方法,选择海拔、坡向、坡度相近的样地,根据各群落类型优势种群的变化特征及现存植被可能的空间序列可观察性,划分了研究地区植被的 7 个主要演替阶段:裸地、灌丛、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)林、马尾松木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)林、木荷林、栲树(*Castanopsis fargesii* Franch.)木荷林和栲树林,各样地概况见表 1。

表 1 天童森林公园植物群落主要演替阶段样地概况

Tab 1 Outlines of the sample plots of the main succession stages in Tiantong Forest Park

演替阶段*	海拔 Succession stages	Altitude (m)	坡度 Slope	坡向 Exposure	郁闭度 Crow coverage	凋落物现存量 Standing crops of litterfall (t/hm ²)	有机质 Organic matter (%)	树种组成** Tree composition
(1)	115	10	SE15	0	-	1.74	-	
(2)	110	12	SW70	0	-	2.38	-	
(3)	115	5	SE10	0.85	14.31	2.88	马(8),木(1),枫(0.5),石(0.5)	
(4)	110	5	SE45	0.90	13.53	2.39	木(6),马(4)	
(5)	130	20	SE40	0.95	14.82	3.06	木(7),石(2),马(1)	
(6)	130	25	SE30	0.95	16.86	5.76	栲(5),木(4),石(1)	
(7)	180	25	SE30	0.90	18.37	7.88	栲(8),米(1),木(1)	

* (1) 裸地 Bare land; (2) 灌丛 Bush-wood; (3) 马尾松林 *Pinus massoniana* forest; (4) 马尾松木荷林 *P. massoniana* + *Schima superba* forest; (5) 木荷林 *S. superba* forest; (6) 栲树木荷林 *Castanopsis fargesii* + *S. superba* forest; (7) 栲树林 *C. fargesii* forest. ** 马:马尾松;木:木荷;枫:枫香 *Liquidambar formosana*;石:石砾 *Lithocarpus glaber*;栲:栲树;米:米槠 *Castanopsis carlesii*

土壤颗粒组成以简易比重计法测定,土壤含水量以烘干法测定^[5],土壤容重、持水量、孔隙度、通气度等水分物理性质用环刀一次取样连续测定法测定^[6]。

2. 结果与分析

2.1 土壤颗粒组成

从表 2 可以看出,在 20 cm 土层中,土壤砂粒含量随着土壤深度增加而减少,粘粒含量随

着土壤深度增加而增大,而粗粉粒含量除在栲树木荷林和栲树林中,随着土壤深度增加而呈增长趋势外,其余各演替阶段一般以腐殖质层最高,10~20 cm 层次之,而0~10 cm 最小,细粉粒则基本上随着土壤深度增加而增加。

从表2还可看出,由于各样地之间存在一定的差异性,尤其是坡度和母质的差异,如阔叶林群落的坡度明显增大,影响着土壤细土流失的程度,从而影响各样地的土壤颗粒组成。在各演替系列的样地中,土壤粗砂粒、细砂粒和粗粉砂粒含量均呈增大趋势,细砂粒的增加尤为明显;粘粒和物理性粘粒含量则呈减少趋势。可见,在演替系列中,土壤呈现趋砂性特征。

表2 天童森林公园植物群落主要演替阶段土壤颗粒组成

Tab 2 Soil partical composition of the main succession stages in Tiantong Forest Park

演替阶段* Succession stages	土层 Layers (cm)	砂粒 Sand (%)			粉砂 Silt (%)			粘粒 Clay (%)			物理性粘粒 Physical clay
		1~0.25	0.25~0.05	合计 Total	0.05~0.01	0.01~0.005	合计 Total	0.005~0.001	<0.001	合计 Total	
(1)	0~10	7.88	11.89	19.77	24.16	16.04	40.20	17.01	23.02	40.03	56.07
	10~20	7.30	8.98	16.28	25.10	16.41	41.51	19.40	22.81	42.21	58.62
(2)	A00	12.10	13.51	25.61	24.70	16.59	41.29	17.10	16.00	33.10	49.69
	0~10	7.40	11.36	18.76	25.19	18.51	43.70	16.17	21.37	37.54	56.05
(3)	10~20	6.98	8.81	15.79	23.61	17.42	41.03	18.01	25.17	43.18	60.60
	A00	12.09	14.68	26.77	26.51	13.32	39.83	16.00	17.40	33.40	46.72
(4)	0~10	8.03	12.87	20.90	25.01	17.47	42.48	15.61	21.01	36.62	54.09
	10~20	7.20	9.76	16.96	26.10	14.37	40.47	15.51	27.06	42.57	56.94
(5)	A00	11.70	14.99	26.69	28.89	11.03	39.92	16.96	16.41	33.39	44.42
	0~10	9.6	15.36	24.96	24.13	13.37	37.50	17.67	19.87	37.54	50.91
(6)	10~20	7.16	7.90	15.06	26.13	15.39	41.52	17.40	26.02	43.42	58.81
	A00	12.05	21.41	33.46	25.03	10.30	38.33	14.31	13.90	28.21	38.51
(7)	0~10	13.67	22.47	36.14	24.99	11.71	36.70	12.91	14.25	27.16	38.87
	10~20	8.53	11.17	19.70	29.06	14.61	43.67	14.62	22.01	36.63	51.24
(8)	A00	13.98	28.41	42.39	30.55	6.95	37.50	8.98	11.13	20.11	20.06
	0~10	10.01	20.82	30.83	31.02	11.55	42.57	12.71	13.89	26.60	38.15
(9)	10~20	8.97	11.26	20.23	34.97	14.01	48.98	13.80	16.99	30.79	44.80
	A00	14.09	28.64	42.73	30.78	6.52	37.30	9.81	10.16	19.97	26.49
(10)	0~10	10.71	22.41	33.12	31.19	10.07	41.89	11.99	13.00	24.99	35.69
	10~20	10.20	10.19	20.39	35.69	13.78	49.47	14.10	16.04	30.14	43.92

* (1) 裸地 Bare land; (2) 灌丛 Bush-wood; (3) 马尾松林 *Pinus massoniana* forest; (4) 马尾松木荷林 *P. massoniana* + *Schima superba* forest; (5) 木荷林 *S. superba* forest; (6) 栲树木荷林 *Castanopsis fargesii* + *S. superba* forest; (7) 栲树林 *C. fargesii* forest.

2.2 土壤孔隙度

土壤孔隙的大小、数量及分配是土壤物理性质的基础,也是评价土壤结构特征的重要指标。从表3可见,在土壤0~10 cm和10~20 cm层中,除灌丛下层因容重大(1.40)而使孔隙度明显偏低外,各演替阶段土壤总孔隙度均随进展演替过程而增大,不过,除了森林植被的总孔隙度明显高于灌丛和裸地,表现出森林植被具有较强改善土壤孔隙状况的能力外,其他演替阶段土壤总空隙度增幅不明显,但是,演替后期的栲树木荷林和栲树林10~20 cm土层的总孔隙度明显高于其他森林类型,可见,演替对于下层土壤空隙度的影响大于上层。

从不同演替阶段来看,随着进展演替,毛管孔隙和非毛管孔隙也发生规律性变化,各层次

毛管孔隙度均呈增大趋势,森林显著高于裸地和灌丛,并且,阔叶林也明显高于针叶林和针阔混交林;非毛管孔隙度也趋于增长,森林植被的非毛管孔隙度明显高于灌丛和裸地,但从马尾松林到栲树林的演替系列中,非毛管孔隙度比较接近,缺乏明显的规律性。而从不同层次的非毛管孔隙变化来看,除了栲树木荷林和栲树林下层非毛管孔隙度略大于上层外,其余演替阶段均为上层高于下层。可见,在 20 cm 的土层中,演替对土壤下层非毛管孔隙度的影响大于上层,并且,随着演替的进展,这种作用也增大。

表 3 天童森林公园植物群落主要演替阶段土壤水分物理性质(%)

Tab 3 Water physical properties of the soil of the main succession stages in Tiantong Forest Park (%)

演替阶段* Succession stages	土壤深度 Depth (cm)	土壤容重 Bulk density (g/cm ³)	土壤含水量 Water content	最大持水量 Max. WHC	毛管持水量 CWHC	最小持水量 Min. WHC	非毛管孔隙度 Non-CP	毛管孔隙度 CP	总孔隙度 Total porosity	土壤通气度 Aeration	固相:液相:气相 Solid:water:air
(1)	0~10	1.17	23.2	45.0	31.5	25.8	15.8	36.9	52.7	31.4	1.85:1.06:1
	10~20	1.24	26.2	44.0	31.4	25.2	13.1	38.9	52.0	23.4	2.46:1.67:1
(2)	0~10	1.20	22.3	46.9	32.3	26.2	17.5	38.7	56.2	29.7	1.49:0.91:1
	10~20	1.40	21.4	35.1	26.7	22.8	11.8	37.4	49.2	25.5	2.65:1.56:1
(3)	0~10	1.16	28.3	51.8	34.7	23.4	19.8	40.3	60.1	34.9	1.46:1.56:1
	10~20	1.26	25.7	47.8	32.5	22.7	19.3	41.0	60.3	33.6	1.42:1.26:1
(4)	0~10	1.15	29.1	53.8	35.6	25.9	20.9	40.9	61.8	34.2	1.35:1.18:1
	10~20	1.19	27.8	50.0	33.4	24.0	19.8	39.7	59.5	31.4	1.53:1.25:1
(5)	0~10	0.95	28.7	64.7	44.4	35.4	19.3	42.2	61.5	35.3	1.13:0.80:1
	10~20	1.13	25.5	52.2	36.8	29.2	17.4	41.6	59.0	33.6	1.36:0.95:1
(6)	0~10	0.70	37.1	88.6	60.0	40.7	20.0	42.0	62.0	38.2	1.06:0.72:1
	10~20	0.90	35.7	73.4	50.3	37.8	20.8	45.3	66.1	41.3	1.00:0.94:1
(7)	0~10	0.72	33.4	86.1	59.6	46.5	19.1	42.9	62.0	39.7	1.01:0.63:1
	10~20	0.81	30.0	79.2	53.8	43.3	20.6	43.6	64.2	43.4	0.90:0.61:1

* (1) 裸地 Bare land; (2) 灌丛 Bush-wood; (3) 马尾松林 *Pinus massoniana* forest; (4) 马尾松木荷林 *P. massoniana* + *Schima superba* forest; (5) 木荷林 *S. superba* forest; (6) 栲树木荷林 *Castanopsis fargesii* + *S. superba* forest; (7) 栲树林 *C. fargesii* forest. WHC: water holding capacity; CP: capillary porosity

2.3 土壤容重

从表 3 可以看出,在 0~20 cm 土层中下层土壤容重高于上层。而从主要演替阶段看,土壤容重随着演替过程而呈明显减少趋势,除木荷林 10~20 cm 容重为 1.13 外,阔叶林的土壤容重均小于 1,而非阔叶林类型土壤容重均大于 1.15,而且马尾松木荷林(1.17)也低于马尾松林(1.21)。可见,阔叶树具有明显降低土壤紧实性的能力。

2.4 土壤含水量与持水性

2.4.1 土壤含水量 从表 3 可见,在 0~20 cm 土层中,除裸地上层含水量低于下层外,其余演替阶段的土壤含水量均是上层高于下层。而在演替过程中,则呈增长趋势,这是因为随着进展演替,植物群落结构愈加复杂,林内光照强度、风速等趋于减少,同时,林木根系、凋落物和土壤生物等能改善土壤结构,提高土壤有机质含量,从而提高了土壤保持水分的能力。

2.4.2 土壤持水性 从表 3 可以看出,随着进展演替,土壤最大持水量、毛管持水量和最小持水量均呈明显增大趋势。而从持水量增长幅度上看,演替后期群落的土壤持水量明显大于其他演替阶段,如栲树林 0~10 cm 和 10~20 cm 层土壤最大持水量分别是木荷林的 1.33 和

1.52倍,是裸地的1.91和1.80倍。森林演替系列土壤持水性变化与土壤孔隙度变化趋势具有一定的相似性,但土壤持水性在演替过程中递增规律更加明显。由于土壤持水性还受有机质等因素的影响,有机质在演替过程中明显增加,从而导致土壤持水量的显著增长。

2.5 土壤三相率

从固相率:水相率:气相率的比值(表3)来看,随着进展演替,土壤固相率比值呈减少趋势,土壤10~20 cm层液相率值也呈减少趋势,而0~10 cm土层的液相率比值除了马尾松林和马尾松木荷林外,其余演替阶段也呈减少趋势,而气相率的比值则呈明显增大之势,这也表明了阔叶林对土壤孔隙状况的明显改善作用。

3. 结 论

植物群落的进展演替明显改善了土壤的物理性状,尽管由于样地本身的差异性,如坡度、母质等,导致演替过程样地土壤质地呈现趋砂性特征,但在植物群落演替过程中,森林凋落物量和土壤有机质含量明显增加,土壤有机物质的形成和再分解作用增强,从而提高了土壤毛管空隙度、非毛管空隙度和总空隙度,土壤含水量、土壤最大持水量、毛管持水量和最小持水量增长趋势更为明显;演替也影响土壤三相率,降低土壤固相率,增加气相率;演替还显著降低土壤容重,阔叶林减少幅度更大。因此,植物群落的进展演替能明显降低土壤紧实性,增加空隙度,改善土壤通气透水性及持水性能,呈现出与土壤质地效应相反的变化趋势,促进了土壤肥力潜力的发挥。

植物群落的进展演替对土壤物理性质的改良作用,也影响群落优势种的定居、拓殖和更替,从而促进了演替进程。不同植物对土壤的适应和利用不同,导致了种间竞争能力的差异,如马尾松能够适应紧实而瘠薄的土壤环境,而栲树需要疏松而深厚的土壤条件。由于马尾松林等演替前期群落对土壤具有改良作用,从而为演替后续种的侵入乃至占据优势创造了条件。

植物群落的恢复和重建过程,实质上是其进展演替过程。为了加速恢复和重建过程,应该采取适当的人工干预措施,如合理套种,增加物种多样性,减少水土流失,以及挖穴、整地和中耕抚育等,以降低土壤紧实度和容重,增加土壤空隙度,改良土壤结构,为植物的生长创造良好的土壤物理环境。

参 考 文 献

- 1 张全发,郑重,金义兴. 植物群落演替与土壤发育之间的关系. 武汉植物学研究, 1990, 8(4): 325~334.
- 2 Tilman D. Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton (N. J.): Princeton University Press, 1988.
- 3 West D C, Shugart H H, Botkin D B. Forest succession concept and applications. New York: Springer-Verlag. 1981. 107~131.
- 4 宋永昌,王祥荣主编. 浙江天童国家森林公园的植被和区系. 上海:上海科学技术文献出版社, 1995. 1~2.
- 5 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海:上海科学技术出版社, 1978.
- 6 张万儒,许本彤编. 森林土壤定位研究方法. 北京:中国林业出版社, 1986. 30~36.

(责任编辑:宗世贤)