

③

6-11

鼎湖山三种演替群落与其土壤结构及某些水文效应耦合研究*

闫俊华 周国逸[✓] 陈忠毅

(中国科学院华南植物研究所 广州 510650)

S 152.75
S 718.54

摘要 对于鼎湖山的马尾松林、针阔混交林、季风常绿阔叶林等三种植被类型,普遍认为,其演替是依次由低级向高级发展的过程。但是,通过对鼎湖山这三种植物群落的土壤结构及某些水文效应分析表明:①土壤中含有粒径小于0.001 mm粘粒的量,季风常绿阔叶林>马尾松林>针阔混交林;②土壤中含有粒径大于0.25 mm土壤团聚体的量,季风常绿阔叶林>马尾松林>针阔混交林;③土壤吸持水分能力、土壤的抗侵蚀能力等水文效应与土壤中粒径小于0.001 mm粘粒、粒径大于0.25 mm土壤团聚体的量呈正相关,表现为季风常绿阔叶林最好,针阔混交林最差。可见,三种植物群落的土壤结构及某些水文效应与其演替过程并不完全一致。

关键词 植物群落 土壤结构 水文效应 演替 耦合 森林

土壤是由固态、液态、气态三相物质所组成的复合体。三相物质相互作用,加之生物、气候等因素的影响,使土壤处于不断的变化之中,因而形成不同的土壤结构。土壤结构是土壤物理性质研究的基础,也是研究土壤水文效应的重要内容。它对土壤的吸持水分、蒸发量、抗侵蚀能力以及土壤的其它水分常数等均有不可忽视的作用。土壤与植物群落联系紧密,它们组成了一个相互作用而不可分割的体系^[1]。

然而,土壤性状与其上的植物群落演替的不同阶段之间并不是一种简单的因果关系,本文试图通过对鼎湖山如上所述的三种植物群落下土壤的结构、水文效应与其演替过程之间的相互耦合研究,对以上问题进行初步探讨。

1 研究地概况

鼎湖山是联合国教科文组织人与生物圈计划(MAB)的世界自然保护区和定位研究站。位于广东省肇庆地区境内,居于北纬23°10',东经112°34'。本区大面积是丘陵和低山,海拔在100~700 m间,最高峰鸡笼山海拔1 000.3 m。属亚热带季风湿润型气候,冬夏气候交替明显。年平均温度21℃,最热月为7月,最冷月为1月,极端最高温度为38℃,极端最低温度曾记录到-2℃。年均降雨量为1 564 mm,4~9月为多雨季节,11~1月为少雨季节,年平均蒸发量为1 115 mm,年平均相对湿度为82%。灾害性天气有寒潮和台风。

本区内地带性土壤为赤红壤,在垂直带上分布着黄壤和山地灌丛草甸土。赤红壤分布于海拔300 m以下的低山丘陵,土层厚为40~80 cm,pH值为4.6,表土层有机质含量4.3%;黄壤分布于海拔300~900 m之间,土层厚为40~90 cm,pH值为4.7~5.9,表土层有机质含量为3.4%;海拔900 m以上为山地灌丛草甸土,土层厚为20~30 cm,pH值为5,表土层有机质含量9%以上。本区的自然植被有季风常绿阔叶林、针阔混交林、马尾松林、沟谷雨

* 本研究获中科院生物科学与技术特别支持项目、国家基金39700112项目、广东省自然科学基金960468项目资助。

林、河岸林和灌木草丛等类型。本文研究限定在海拔 300 m 以下,分布在赤红壤上的低山季风常绿林永久样地内的三种植物群落,即季风常绿阔叶林(以下简称阔叶林)、针阔混交林(以下简称混交林)、马尾松林。此三种群落属长时间内未受人干扰,处于同一演替序列的自然演替状态,且立地相互毗邻,坡向及平均坡度相似,地质状况差异不大,因此,可比性较强。

2 研究方法

2.1 有关水文效应的土壤结构分析方法

有关土壤结构的分析方法很多,只要能够反映单个土粒的空间排列状况,都能作为衡量土壤结构的指标。根据研究需要,在本文中有关水文效应的土壤结构分析方法采用(1)粒,(2)级,(3)度。粒指土壤颗粒组成;级指土壤团聚体粒径的大小,它是土壤结构研究的重要内容,也是研究土壤抗侵蚀能力最重要的指标;度指土壤孔隙度。笔者认为粒、级、度应是衡量有关水文效应的土壤结构指标的函数,由这 3 个变量结合在一起,才能构成对有关水文效应的土壤结构完整的描述。

2.2 土壤颗粒含量的计算方法

由于土壤颗粒是按照 0~15 cm、15~30 cm 和 30~50 cm 3 个深度段进行测定的,在计算土壤颗粒含量时,把不同深度段之和的平均值视为土壤(0~50 cm 深)中颗粒的含量。

2.3 林冠覆盖度和枯落叶层厚度的计算方法

林冠覆盖度用林冠分析仪(CI-110,U. S. A.)进行测定。在各植物群落内按海拔的高低均匀地选取 10 个点进行测定,取其平均值。

枯落叶层厚采用斜线法,在各植物群落内选取 4 个 2 m×2 m 的样方,然后在各样方的每条对角线上均匀地选取 5 个点进行测量,其平均值视为该群落的枯落叶层厚。

3 三种植物群落林下土壤结构形成机理及其某些水文效应分析

3.1 三种植物群落林下有关水文效应的土壤结构分析

张秉刚等^[2]对三种植物群落林下土壤颗粒进行测定。

鼎湖山低山季风常绿林下发育的虽然均为赤红壤,但是由于植物群落不同而导致林下土层中土壤颗粒组成比例有较大差异。在土壤结构和土壤性质中起重要作用的粒径小于 0.001 mm 粘粒的含量(见图 1),分析深度为 0~50 cm 时,阔叶林比马尾松林多 29.25%,比混交林多 35.53%,即阔叶林>马尾松林>混交林。这种差异的缘由与植被覆盖度和枯枝落叶层的厚度有关。比较而言,阔叶林覆盖度大,枯枝落叶层厚达 6.73 cm,林下植被发育非常丰富,土壤动物和微生物作用旺盛。因而,阔叶林下土壤中粒径小于 0.001 mm 细颗粒不易受冲刷,含量较高。

土壤团聚体在形成和保持土壤良好的结构关系上是极端重要的。同一粒级的团聚体在低山季风常绿林三种植物群落林下土壤中的含量有很大的差别。土壤中大于 5 mm 的团聚体含量,阔叶林下是混交林下的 2 倍左右,而对 1~0.5 mm 的团聚体的量,两者又相差无几;对 5~2 mm 以及 2~1 mm 的团聚体的量,阔叶林是马尾松林的 2 倍左右。这种差别与土壤颗粒的组成有关。大量的试验结果表明,土壤中小于 0.001 mm 粘粒的量与大于 0.25 mm 粒级的团聚体的量呈正相关。三种植物群落的土壤中粒级大于 0.25 mm 的团聚体的量(见图 2),阔叶林比马尾松林多 29.24%,比混交林多 46.27%,其结果是阔叶林>马尾

松林>混交林,这与三种植物群落的土壤所含粒径小于 0.001 mm 粘粒的结果相吻合。

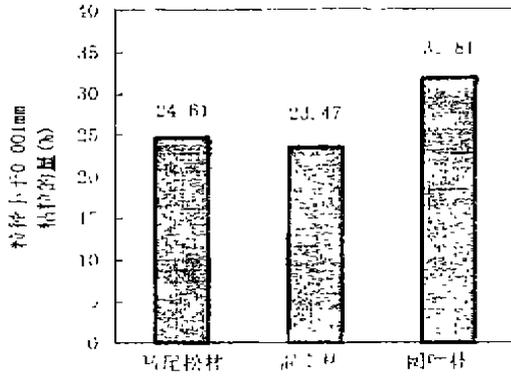


图 1 三种植物群落土壤中粒径小于 0.001 mm 粘粒量

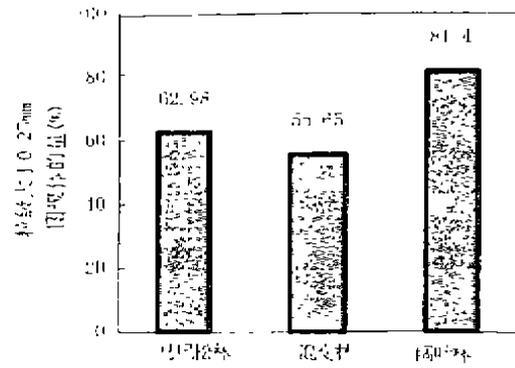


图 2 三种植物群落土壤中粒级大于 0.25 mm 团聚体的量

低山季风常绿林的三种植物群落下的土壤孔隙度也有较大差异,阔叶林和混交林大于 0.2 mm 通气孔隙度比马尾松林多 10% 左右,小于 0.2 mm 的持水孔隙度,则阔叶林比混交林、马尾松林多 20% 左右。另外,阔叶林的总孔隙度含量最高,为 54.2%,这与生长混交林的土壤可比生长纯林的土壤具有更大孔隙度的理论^[3]不相符,仅在大于 2 mm 通气孔隙度含量中才体现出混交林最大,为 5.8%。造成这种相悖的原因可能与这两种植物群落的林冠覆盖度、枯枝落叶物厚度、林下土壤颗粒组成以及土壤团聚体有关。

由上述可知,鼎湖山低山季风常绿阔叶林下发育着结构良好又稳定的土壤,是本气候区的地带性成熟土壤,其它植物群落林下的土壤属于向它过渡的土壤类型。虽然三种植物群落相距较近,地质状况相似,气候条件差异不大,而土壤结构的差异却相当明显。这与土壤微生物的作用也紧密联系。微生物代谢过程,合成复杂的有机分子,有机质腐解后的分解产物留在土中,促使产生稳定的土壤团聚体^[4]。这种稳定性可通过生物细胞和菌丝的机械连结作用、微生物合成产物的胶结作用和单独的或联合的分解产物的稳定作用来实现。因而土壤微生物量也可以作为衡量土壤结构优劣的指标。本文所选的三种植物群落中,阔叶林土壤微生物量最高,平均为 667.0 ± 83.0 mg/kg 干土,马尾松林次之,为 630.7 ± 137.0 mg/kg 干土,混交林最低,为 442.0 ± 121.0 mg/kg 干土^[5]。其结果与土壤中粒径小于 0.001 mm 粘粒、粒级大于 0.25 mm 土壤团聚体的量呈正相关。

3.2 三种植物群落的土壤结构某些水文效应分析

(1) 土壤结构对土壤水分的有效性分析

土壤吸持水分对植物的有效性,不在于持水量的高低,而在于吸力的大小。因此,土壤水分的有效性是用土壤吸力来表示的。土壤结构对土壤吸持水分能力的影响是间接的,它是通过土壤颗粒影响土壤的比表面来实现的。比表面是某一分散体系表面的大小,是所有分散体系的首要特性,当然作为一个分散体系的土壤也不例外。土壤吸持水分的能力主要取决于土壤颗粒分子吸引力,而土壤颗粒分子吸引力又在很大程度上取决于颗粒直径的大小,随着粒径较小的粘粒成分的增加,土壤表面面积就增大,能够结合水的表面能也增大,土壤颗粒分子吸引力也随之增大。因而,土壤颗粒的组成是影响土壤吸持水分能力的间接因素。根据上文的分析,阔叶林下土壤含粒径较小的粘粒成分最多,马尾松林次之,混交林最少。所以,阔叶林下土壤吸持水分能力也应最强,混交林最弱。此分析结果与实际量测的相一致(详见表

1)^[2]。从4级吸力看,阔叶林土壤吸持水的能力最强,因此,只要有水源供三种土壤吸收,阔叶林下土壤水资源比马尾松林、混交林下丰富。

表1 三种植物群落土壤吸力的土壤含水量^[2]

群落类型	各级土壤吸力的土壤含水量(土壤吸力帕,含量%)			
	15×10^5	1.0×10^6	0.5×10^6	0.1×10^6
阔叶林	16.20	29.72	32.71	47.07
混交林	9.02	22.07	24.84	34.74
马尾松林	12.78	24.92	27.77	40.44

(2) 土壤结构对土壤抗侵蚀能力的效应分析

土壤抗侵蚀能力包括抗水蚀、风蚀的能力,由于低山季风常绿三种植物群落林下土壤受风蚀较弱,这里所说的土壤抗侵蚀能力主要指抗水蚀能力,水蚀是由于雨水降落到地面和以径流形式离开地面时经水的分散作用和搬运力而造成的。土壤结构是影响土壤抗侵蚀能力的内在因素,土壤结构参数粒、级、度对土壤抗侵蚀能力均有一定的影响。其中土壤团聚体与土壤抗侵蚀能力的联系更为密切,土壤团聚体的水稳性指数或分散率通常用来表征土壤抗侵蚀能力的强弱,水稳性指数越大,分散率越小,则抗侵蚀能力越强。它们作用于土壤抗侵蚀能力是这样的:土壤颗粒组成越粗,土壤的抗侵蚀能力就越小,土壤的抗侵蚀能力随粘粒含量的增加而增大;Lutz^[6]曾作出解释,大于0.25 mm的土壤团聚体是由较小团粒组成,透水性好,而小于0.25 mm团聚体是致密、不透水的,所以大于0.25 mm土壤团聚体含量越高,土壤抗侵蚀能力越强;土壤的总孔隙度越高,土壤的透水性能越好,从而减慢了径流速度,减少了径流量,土壤的抗侵蚀能力也就相对增强。经过上述分析,由于阔叶林下土壤所含粘粒成分、大于0.25 mm土壤团聚体以及土壤总孔隙度均高于马尾松林、混交林下土壤,因而,阔叶林下土壤抗侵蚀能力最强,相反,混交林下土壤最弱。可见,阔叶林下土壤结构有利于保土混交林下土壤结构的保土功能相对最弱。

另外,根据张秉刚等^[2]的观测报道,阔叶林下土壤水分常数均为最大,而土壤蒸发量却最小;混交林下土壤水分常数最小,其土壤蒸发量最大。可见,因三种林型土壤结构的差异而使其水文效应也有所不同。

综上所述,由于阔叶林下土壤具有良好而稳定的土壤结构,从而导致其具有较好的水文功能,与之相反,混交林下的土壤水文功能最差。无论是土壤的贮水、保水、供水,还是土壤的抗侵蚀能力,阔叶林下土壤均优于马尾松林和混交林,从而为阔叶林木的生长发育提供了理想的水分条件,这也是号称北回归线上“绿色明珠”——鼎湖山南亚热带常绿阔叶林的形成原因之一。马尾松林下的土壤结构及其某些水文效应虽不及阔叶林的好,但优于混交林。马尾松的生长特性适合于恶劣的环境,并能够为阳生性植物的入侵提供较为良好的温湿条件,因此,可作为先锋种群对大面积的荒山和丘陵进行植被恢复,马尾松成林后对其土壤结构及其某些水文效应的改善将进一步肯定其作为先锋种群的生态功能。

4 讨 论

构成欧洲森林生态学家称之“生境”的第二个环境复合体是土壤^[7]。为了把土壤因子与其上的植物群落的演替联系起来,森林生态学家作了种种努力,试图探讨土壤发育与植物群落演替的关系,但由于土壤发育受多种因素影响,这些努力都失败了。本文选取的三种植物

群落相距较近,地质状况相似,气候条件差异不大。而土壤结构及其某些水文效应的差异无疑与生物群落的作用有关。

据已有的研究结果表明^[8,9],鼎湖山植物群落演替过程共分为 6 个阶段。本研究选取的三种植物群落正处于不同的演替阶段,马尾松林正处于演替的第一阶段,分布于地带性植被季风常绿阔叶林的边缘,是演替系列的先锋群落类型,最早在荒坡成林,在本地带具有典型代表性。混交林正处于演替的第三阶段,分布于地带性植被季风常绿阔叶林的边缘,是人工或自然的马尾松林由于阔叶林的自然人侵而形成,是演替系列中间阶段的典型代表类型。阔叶林正处于演替的第五阶段,是该地区典型的地带性植被代表类型。一般而言,土壤结构及其某些水文效应的好坏能够推动或抑制生长在其上面的植物群落演替进程;相反,植物群落演替的进程也有益于土壤结构及其某些水文效应向良性方向发展。但是,二者的相互作用是否是一种简单的因果关系,也就是说植物群落演替的阶段是否与其相应的土壤结构及其某些水文效应相对应。我们把植物群落演替由低级到高级排列,林下土壤结构及其某些水文效应由差到好排列(见图 3)。从图 3 可以看出,处于演替高级阶段的阔叶林所对应的林下土壤结构及其某些水文效应也最好,处于演替中级阶段的混交林所对应的林下土壤结构及其某些水文效应最差,而处于演替初级阶段马尾松林所对应的土壤结构及其某些水文效应却位于中间水平。可见,植物群落的演替与其林下土壤结构及其某些水文效应的优劣在总的趋势上是一致的,但在演替的初级与中级阶段发生了交叉现象。因此,可以说植物群落的演替与其林下土壤结构及其某些水文效应之间的相互作用并不是一种简单的因果关系。植物群落对其生长的土壤虽然有一定的作用,但其林下植被及其土壤中微生物的作用也不可忽视。由于马尾松林的结构简单、种类单纯、林冠覆盖度只有 51.3%,形成了林内光强、相对高温、低湿的特点,在这种生境条件下,有利于林下植被和土壤微生物的生长和发育。因此,马尾松林下丰富的植被和大量微生物的作用也可能是其土壤结构及其某些水文效应优于混交林的原因之一。

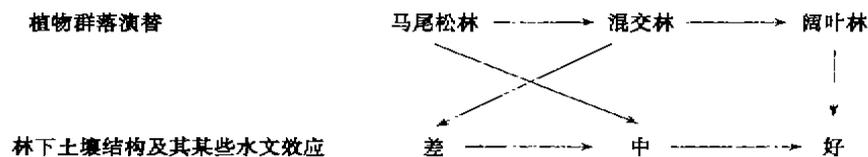


图3 鼎湖山三种植物群落演替与林下土壤结构及其某些水文效应的相互耦合关系

植物群落的演替是植物自身作用以及植物与其环境反复相互作用的产物,其过程和速度与群落所处的生态环境条件密切相关^[1],但演替的主要动力靠植物群落自身来维持,尽管环境生态因子对其有一定的促进或限制作用。不同的植物群落,对其演替影响的环境主导生态因子也不尽相同。对鼎湖山的这三种处于自然演替的植物群落而言,土壤因子可能不是影响其演替的环境主导生态因子,其理由是植物群落的演替与其林下土壤结构及其某些水文效应不完全一致。而余作岳等^[10]在总结热带亚热带受自然或人为破坏而形成的退化生态系统恢复的实践经验中曾提出,对于退化生态系统的恢复与植物群落的次生演替来说,土壤因子是主导生态因子,主要是土壤水分和土壤肥力。

参考文献

- 1 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学. 北京: 科学出版社, 1996. 444.
- 2 张秉刚, 卓慕宁. 鼎湖山自然保护区不同林型下土壤的物理性质. 热带亚热带森林生态系统研究, 1985, (3): 1~9.
- 3 W L 普里切特. 程伯容等译. 森林土壤性质及管理. 北京: 中国林业出版社, 1987. 538.
- 4 K 斯特恩, L 罗奇. 毛士田等译. 森林生态系统遗传学. 北京: 中国林业出版社, 1984. 435.
- 5 傅声雷, 蚊伟民, 丁明慧. 鼎湖山不同植被类型下土壤微生物养分的矿化. 植物生态学报, 1995, 19(3): 217~224.
- 6 Lutz J F. The physicochemical properties of soils affecting erosion. Missouri Agr Exp Sta Research Bull, 1934, 212.
- 7 L D 贝弗尔等. 周传槐译. 土壤物理学. 北京: 农业出版社, 1983. 549.
- 8 王伯荪, 彭少麟. 鼎湖山群落分析 V 线性演替系统. 中山大学学报(自然科学版), 1985, (4): 75~80.
- 9 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山群落分析 VI 非线性演替系统. 热带亚热带森林生态系统研究, 1985, (3): 25~31.
- 10 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统的植被恢复及其效应. 生态学报, 1995, 15(增刊 A 辑): 1~17.

Coupling Study on Soil Structure and Hydrological Effects for Three Succession Communities in Dinghushan

YAN Junhua ZHOU Guoyi CHEN Zhongyi

(South China Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

Abstract In general view, the succession processes of three plant communities in Dinghushan is from lower to higher stage, that is to say, from coniferous forest, mixed forest to monsoon evergreen broad-leaf forest. This paper analyzed soil structure and hydrological effects of these communities. The results showed that: ①The content of grain diameter < 0.001 mm clay in soil is monsoon evergreen broad-leaf forest > coniferous forest > mixed forest. ②The content of grade > 0.25 mm group in soil is monsoon evergreen broad-leaf forest > coniferous forest > mixed forest. ③Some of the hydrological effects including the capacities of water retention, resistance erosion and so on are bound up with the content of grain diameter < 0.001 mm clay and grade > 0.25 mm group in soil. The monsoon evergreen broad-leaf forest is the best and the mixed forest is the worst. So the conclusion is that the soil structure and its characteristics of hydrological effects are not completely consistent with their succession processes for three plant communities.

Key words Plant community, Soil structure, Hydrological effect, Succession, Couple