

# 鼎湖山自然保护区 不同林型下土壤的物理性质\*

张秉刚 卓慕宁

(广东省土壤研究所)

## 摘 要

鼎湖山自然保护区的针叶林、阔叶林、针叶阔叶混交林下，主要分布薄层赤红壤。土壤质地以石质中壤土为主。阔叶林及混交林下土壤的层次较厚，粘粒在淀积层较其上下层高。林型下土壤结构破坏率、大结构体总量、有效孔隙度与有机质含量呈正相关。研究表明：阔叶林下土壤的结构最好，混交林下土壤的结构介乎针叶林、阔叶林之间。阔叶林下的土壤结构，有利于土壤水分的渗透与保持。土壤水分的月贮量从2月份开始增加，4月份和9月份最高，11月份开始减小，12月份最低。土壤贮水量最高的月份中，阔叶林的土壤贮水量略高于混交林，到12月份，阔叶林的土壤贮水量最高，针叶林则最低。

## 一、前 言

1980年，我所对鼎湖山土壤调查后，得出该地“土壤自然含水率高，局部地方水化作用明显，不同土壤的结合水、吸湿水差异显著”的结论<sup>(5)</sup>。但对与土壤水分关系密切的土壤物理性质，以及影响土壤物理性质的林型因素，尚未进行研究。为系统开展土壤水分状况研究，我们在不同林型的样方中开展了定位观测，在室内进行了模拟试验和基本物理性质的测定工作。定位观测点分别设在庆云寺西南的阔叶林、旱坑的混交林和迪坑的针叶林下。现将一年的研究结果报道于下。

## 二、土壤颗粒组成的特点

土壤由固体、液体、气体三相组成，土壤固体中的大小颗粒，是土壤的主要部分，不同直径的颗粒及其含量，是土壤物理性质的基础。实践表明，土层中大于3毫米的石

\* 本文承何金海先生、梁永柔同志提出修改意见；文中土壤有机质资料，由本所程汝饱同志提供。文内插图由陈汉秋同志清绘，在此一并致谢。

表 1 土壤颗粒组成 (%) (粒径: 毫米)

Table 1 Composition of soil particles (%) (Diameter mm)

林 型 Forest types	深度(厘米) Depth (cm)	土壤颗粒组成 Composition of soil particles					质地 Texture	
		>3毫米 石块 >3mm coarse fragment	石 砾 Gravel 3-1mm	砂 粒 Sand 1-0.05mm	粉 粒 Silt 0.05-0.001 mm	粘 粒 Clay <0.001 mm		物理性粘粒 Physical clay <0.01mm
针 叶 林 Coniferous forest	3—15	8.90	1.87	19.60	58.21	20.32	42.87	Medium gravel-medium loam 中石质中壤土
	15—30	9.70	6.81	34.50	34.41	24.28	47.18	
混 交 林 Mixed forest	30—50	32.50	1.31	36.20	33.23	29.26	50.82	Heavy gravel-heavy loam 重石质重壤土
	8—15	8.30	0.87	29.73	46.10	23.30	51.55	Medium gravel-heavy loam 中石质重壤土
阔 叶 林 Broad-leaf forest	15—30	8.30	1.18	29.45	43.58	25.79	54.35	Medium gravel-heavy loam 中石质重壤土
	30—50	27.60	0.80	29.56	48.31	21.33	54.07	Heavy gravel-heavy loam 重石质重壤土
阔 叶 林 Broad-leaf forest	5—15	0.74	0.74	23.92	49.93	25.41	56.38	Light gravel-heavy loam 轻石质重壤土
	15—30	0.96	0.92	20.30	44.10	34.68	61.24	Light gravel-light clay 轻石质轻粘土
阔 叶 林 Broad-leaf forest	30—50	11.42	1.87	19.62	43.18	35.33	62.81	Heavy gravel-light clay 重石质轻粘土

块含量多少、土壤颗粒组成中砂粒、粉粒、粘粒的组成比例，对土壤水分状况有直接影响。鼎湖山的针叶林、混交林、阔叶林下的薄层赤红壤，由于植被覆盖度、凋落物层厚薄不同，遭受冲刷程度也略有差异。针叶林下植被覆盖度低、凋落物层薄，细颗粒既容易冲刷，也容易随水淋移，残留石块较多。混交林下植被覆盖度最大，凋落物层最厚，林木根深，根系密集，土壤不容易遭受冲刷，细颗粒淋移较少。阔叶林下不但根系粗壮、深伸，固结土壤体积大，而且树冠庞大，截留降雨，降水沿树干着地后，多为深厚的凋落物所吸收，土壤遭受冲刷较轻，细颗粒随斜向水流淋移不明显。由此可见，不同林型下的土层所含石块量与土壤颗粒组成，既有共同特点，也有差异之处。

表1指出：三种林型下土壤的不同深度均含有不等量的石块，其垂直分布则随土层深度增加而增加。但不同林型下土壤的石块含量各异。针叶林下土壤石块含量最多，阔叶林下最少。土壤颗粒组成中的物理性粘粒含量则阔叶林最多，针叶林最少。三种林型的土壤表土层下均有粘粒聚积现象，其聚积量与表土层中的含量比较，则针叶林下土壤聚积百分比比较其它土壤高。这可能与渗透速度快、凋落物层又较薄有关。

土壤颗粒组成中各粒级的含量同样有其特点。针叶林的土壤表土层下，砂粒含量急剧增加，粉粒含量则急剧下降，混交林、阔叶林下15—30厘米土层范围的粉粒比其上、下层低。砂粒、粉粒含量在5—50厘米土壤中则差异不明显。相比之下，不难看出，由于不同林型对土壤水分的直作用程度不同，影响了土壤颗粒的组成及其分布。上述特点，为其它物理性质的差异打下了基础。

### 三、土壤结构和孔隙度的特征

土壤颗粒特别是其中的粘粒部分，是形成土壤结构的主要组成部分。土壤结构和孔隙度是决定土壤水分移动和保持的主要因素，土壤的结构体以粘粒为骨架，通过胶结物（有机、无机矿物）胶结形成直径不同的团聚体。据测定，针叶林、混交林和阔叶林下土壤5—15厘米土层中，粘粒的含量分别是20%、23%和25%，针叶林最低，阔叶林最高；针叶林、混交林和阔叶林下土壤表层的有机质含量分别为2.28%、5.78%和5.81%。粘粒和有机质含量的差异，为形成不同数量的团聚体创造了条件。

图1是水稳性团聚体分配的测定结果。图中表明，有机质含量低的针叶林土壤中，5—2毫米团聚体含量比混交林、阔叶林分别低14.03%和18.50%。粘粒和有机质含量的高低还影响结构的水稳性程度，粘粒和有机质含量低的土壤，其团聚体遇水则容易破碎，水稳性低，结构破坏率高。据测定，针叶林的土壤结构破坏率比混交林、阔叶林分别高13.56%和21.37%。据此不难看出：鼎湖山不同林型下土壤的粘粒和有机质含量与团聚体数量、水稳程度呈正相关。

土壤的颗粒组成及其排列，反映了土壤孔隙度的数量和直径大小。各粒径级孔隙及其含量，表现了不同的性能。大于2毫米的孔隙度含量高，土壤通透性好，0.2—0.1—0.05—0.01—<0.005毫米孔隙度多，持水能力强。我们采原状土在室内测定<sup>[7]</sup>，结果

见表 2。

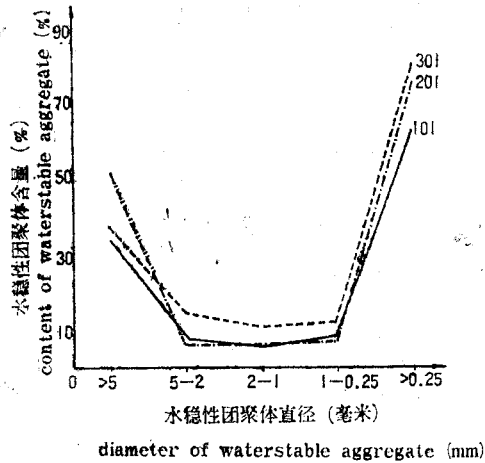


图1 水稳性团聚体分配

Fig.1 Distributon of waterstable aggregates  
 ... .. 301 阔叶林(Broad-leaf forest)  
 - - - - - 201 混交林(Mixed forest)  
 ———— 101 针叶林(Coniferous forest)

表 2 土壤的孔隙性 (1983年秋测定)

Table 2 Distribution of Porosities in earths (Determined in autumn)

林 型 Forest types	深度(厘米) Depth(cm)	通气孔隙度 Air-filled porosity (v%)	持水孔隙度 Water-holding porosity (v%)	总孔隙度 Total porosity (v%)
针 叶 林 Coniferous forest	3-15	5.2	38.5	43.7
混 林 交 Mixed forest	8-15	5.8	39.2	45.0
阔 叶 林 Broad-leaf forest	5-15	5.7	48.5	54.2

从表 2 可知,混交林、阔叶林下土壤中,大于 0.2 毫米孔隙度(通气孔隙度)比针叶林下土壤多 10% 左右,0.2 毫米至小于 0.005 毫米的孔隙度总和(持水孔隙度),则阔叶林下土壤比其他两种林型下土壤高 26% 左右。由此可见,阔叶林的土壤既利于渗水、持水,也利于通气,是该林型下土壤水化程度高的主要条件。

#### 四、土壤的水分物理性质

土壤中灰分元素在土壤剖面的运转、移动,植物根系的生长、发育和土壤微生物的活动,都和土壤的水分物理性质有密切联系。H. H. 拉赫钦科指出:“森林的稳定和耐久性,直接取决于根系的发育状况,根的生长和发育,是以土壤为先决条件的”(3)。土壤的水分物理性质是先决条件之一,所以,必须了解土壤水分状况、不同林型对水分条件的要求和它们间的关系。

土壤水分常数:近期,随着应用能量观点研究水分的深入,对水分常数的看法有很多分歧。有些人认为,它并不是一种稳定的数值,但如将其作为一个过程的速率来考虑,仍不失为衡量土壤水分含量及其有效性的一种有用处的概念(4)。

根据我们的测定,不同林型下土壤的水分常数,在一定程度上仍能反映土壤水分状况的差异(见表 3)。

表 3 土壤水分常数(重量%)  
Table 3 Constant of soil moisture (W)

林型 Forest types	深度(厘米) Depth (cm)	最大吸湿量 Hydro-copic moisture	凋萎系数* Wilting coefficient	毛管持水量 Content of capillary water	饱和持水量 Content of saturated water	田间持水量 Capacity of field moisture
针叶林 Coniferous forest	3-15	7.3	10.9	29.4	38.0	26.0
混交林 Mixed forest	8-15	5.5	8.2	28.2	35.7	25.3
阔叶林 Broad-leaf forest	5-15	7.6	11.4	44.0	49.4	34.6

\*按最大吸湿量×1.5近似值换算。

阔叶林型下土壤的有机质含量较高，土壤质地、结构、孔隙度均有利于渗水、保水，表现于水分常数方面也比较大，特别是田间持水量方面更为明显，这就为阔叶林木的生长发育提供了较理想的水分条件。

土壤的渗透性能和蒸发性能：不同的林木根系穿插土层和固结土体面积不同。同时，残根孔的大小和数量的不同，都会直接影响土壤水分渗透的快慢。

表4 土壤渗透速度(厘米/小时)

Table 4 Rate of the percolation of soil water (cm/h)

林型 Forest types	针叶林 Coniferous forest	混交林 Mixed forest	阔叶林 Broad-leaf forest	备注 Note
深度(厘米)Depth(cm)	3-15	8-15	8-15	室内环刀测定。 (15~16°C)
土壤渗透速度 Rate of the percolation of soil water	4.9	4.0	5.5	

正如表4所指出：阔叶林下土壤的渗透速度最快。混交林下土壤的渗透速度较慢的测定结果，与通气孔隙度较多是有矛盾的，仍有待进一步深入了解。阔叶林下土壤水分渗透快，有利于避免或减轻水土流失。

土壤水分的蒸发是土壤水分消减的途径之一，不少研究者<sup>[2,10,11]</sup>认为，土壤水分的蒸发可分为三个阶段，即毛管水至毛管断裂水蒸发、膜状水至弯月面水蒸发，气进水至吸湿水蒸发等三个阶段。我们对鼎湖山三种林型下的土壤，采用室内等温烘干法进行累积蒸发量测定<sup>[12]</sup>。其结果列于表5。

表5 土壤蒸发

Table 5 Soil evaporation

林型 Forest types	土壤蒸发量(%) Soil evaporation(%)								备注 Note
	0.5时	1.5时	3.5时	5.5时	7.5时	9.5时	11.5时	13.5时	
针叶林 Coniferous forest	1.5	5.6	12.2	16.2	22.7	29.2	32.4	36.0	烘干法 (50°C)
混交林 Mixed forest	1.2	6.0	12.8	16.5	23.0	29.2	33.0	39.0	
阔叶林 Broad-leaf forest	1.2	5.0	16.9	18.4	21.7	27.0	27.2	30.4	

不同林型下的土壤蒸发,在不同蒸发阶段的累积蒸发量是有差异的。阔叶林土壤在第一阶段蒸发速度快,累积蒸发量大;第二和第三阶段蒸发速度最慢,累积总蒸发量也最低。由此可见,就土壤本身的蒸发性能来看,阔叶林土壤的保水性最好,混交林土壤保水性最差。诚然,鼎湖山不同林型的土壤,由于小气候条件,凋落物层厚薄、土壤湿度略有差异,土壤的实际蒸发速度和蒸发量是和室内等温条件下测定结果有差别的。这方面工作仍有待进一步研究。

土壤低吸力段的持水性和水容量:近期国内外不少研究者,根据土壤水分能量概念,认为土壤总吸力决定了土壤水分移动、保持和供应能力<sup>(6,8)</sup>。把一定的土壤吸力所能表示的土壤水分含量,表征在一条曲线上,即土壤持水曲线,是了解土壤持水性的重要资料(见图2和表6)。

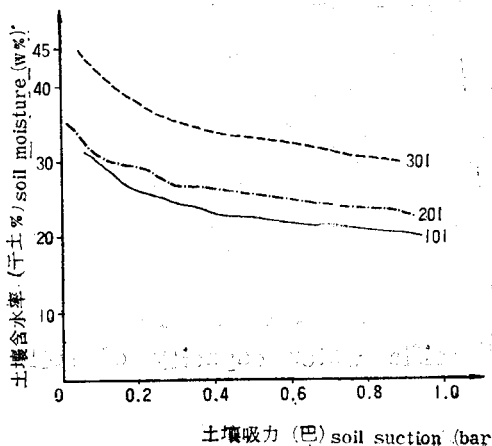


图2 土壤水分特征曲线

Fig. 2 Soil water characteristic curves

- 301 阔叶林(Broad-leaf forest)
- . . . . . 201 混交林 (Mixed forest)
- 101 针叶林 (coniferous forest)

表6 土壤的持水特性

Table 6 Characteristics of water retention in earth

林型 Forest types	深度(厘米) Depth (cm)	持水性 (巴) Water retention (bar)					
		0.05	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
针叶林 Coniferous forest	3-15	30.0	29.0	24.5	21.5	21.0	20.0
混交林 Mixed forest	8-15	31.8	30.0	26.0	24.0	23.0	22.3
阔叶林 Broad-leaf forest	5-15	48.5	41.5	34.8	31.0	31.5	29.5

土壤持水量随着吸力的增大而减少，在0.05到0.3巴吸力范围内，持水曲线陡，土壤持水量随吸力增加而急剧减少，其中阔叶林型下土壤表现尤为明显。大于0.3巴吸力后，随着吸力增加，土壤持水量渐趋缓减少，但阔叶林下土壤持水量的减低量仍较大。表明随着土壤吸力增加，阔叶林下土壤仍可释放较多水量，有利于提供林木所需水分。从图2和表6的资料可知：低吸力段土壤的持水性能与土壤有机质、粘粒含量呈正相关。例如，有机质和粘粒含量高的阔叶林土壤在0.05巴和0.7巴吸力时，其持水量比有机质、粘粒含量低的针叶林土壤分别高18.5%和10.5%。

土壤吸持的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，是以土壤持水曲线的斜率 ( $d\theta/ds$ ) 即水容量或比水容 (Specific water capacity) ——以土壤吸力变化时所释放或吸入的水量来表示的。从我们测得三种林型土壤的水容量来看 (见表7)，三种林型的土壤水容量均随着土壤吸力的增加而快速降低。土壤吸力从0.1巴增加到0.3—0.4巴时，混交林土壤的水容量开始出现 $10^{-2}$ 数量级，针叶林、阔叶林土壤则当土壤吸力0.4—0.5巴时才出现 $10^{-2}$ 数量级。国内一些研究者认为，“当水容量达到 $10^{-2}$ 数量级时，植物所能吸取的水量就显著地逐渐减少”<sup>3</sup>。据表7资料可看到，混交林土壤在土壤吸力0.3巴以后，能提供植物利用的水量明显减少，而针叶林、阔叶林土壤在0.3巴吸力还可提供较多水分为植物所利用，混交林土壤水分的有效性显然比其它二种林土壤要低。

表7 土壤的水容量 (毫升/巴·克)

Table 7 Specific water capacity of soil (ml/bar·g)

林型 Forest types	深度(厘米) Depth (cm)	土壤吸力 (巴) Soil moisture suctions (bar)							
		Soil moisture suctions (bar)							
		0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9
针叶林 Coniferous forest	3-15	$3.9 \times 10^{-1}$	$1.8 \times 10^{-1}$	$1.3 \times 10^{-1}$	$7 \times 10^{-2}$	$6 \times 10^{-2}$	$4 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
混交林 Mixed forest	8-15	$1.4 \times 10^{-1}$	$2.6 \times 10^{-1}$	$5 \times 10^{-2}$	$8 \times 10^{-2}$	$7 \times 10^{-2}$	$7 \times 10^{-2}$	$4 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
阔叶林 Broad-leaf forest	5-15	$4.0 \times 10^{-1}$	$2.6 \times 10^{-1}$	$1.6 \times 10^{-1}$	$6 \times 10^{-2}$	$8 \times 10^{-2}$	$9 \times 10^{-2}$	$10 \times 10^{-2}$	



## 小 结

鼎湖山自然保护区针叶林、混交林和阔叶林的薄层赤红壤，由于所处林型不同，凋落物厚度不等，林下的降雨量和土壤水分的垂直分布也各异，导致土壤物理性质的差别。

(一)、针叶林土壤植被覆盖度低，凋落物层较薄，土层较板结、致密，土壤非毛管孔隙较少，在雨季容易发生地表径流，土壤容易遭受冲刷，造成土层中石块含量较多，土壤粘粒含量较低。

(二)、季风常绿阔叶林树冠庞大，根系粗壮，而且穿插深，固结土壤体积大，较厚的凋落物层有利于吸收降水。随着凋落物的分解转化，不断增加土壤有机质，形成通气孔隙、持水孔隙较多的团粒结构，从而加快了水的入渗速度，提高了土壤的持水性能，土壤不易遭受冲刷，形成水分条件较好的环境，为加快土壤物质循环和林木繁茂生长创造了较好的条件。

(三)、组成混交林的林木，有阔叶树种，也有针叶树种，其凋落物的数量、质量，既有别于针叶林，也有异于季风常绿阔叶林。因此，对土壤的影响介于针叶林与阔叶林之间，其中土壤的颗粒组成、结构、孔隙方面表现更明显。

## 参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室编，1978：土壤物理性质测定法。科学出版社，138—139页。
- [2] 刘孝义，1981：土壤物理及土壤改良研究法。上海科技出版社，39页，72—76页。
- [3] 庄季屏，1982：东北几种耕种土壤在低吸力段的持水性能研究。全国第二次土壤物理专业会议论文汇编，74—81页。
- [4] 李绍良，1982：草原生态系统中土壤水分运动的研究(一)。内蒙古农牧学院，6页。
- [5] 何金海等，1982：鼎湖山自然保护区之土壤。热带亚热带森林生态系统研究，第1集，36页。
- [6] 陈志雄等，1976：土壤吸力的测定。土壤，4期。
- [7] 徐富安，1980：介绍一种测定土壤孔隙的新装置。土壤通报，5期。
- [8] D.希勒尔(华孟等译)，1981：土壤和水——物理原理和过程。农业出版社，51—77页。
- [9] E.N.拉特涅尔(杨景辉译)，1956：植物的营养和施肥。科学出版社，66—74页。
- [10] L.D.贝弗尔等(叶和才等译)，1983：土壤物理学。农业出版社，384—388页。
- [11] R.J.汉克斯、G.L.阿希克洛夫特(杨诗秀等译)，1984：应用土壤物理。水利电力出版社，104—107。

THE PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER DIFFERENT  
FOREST TYPES IN DING HU SHAN BIOSPHERE RESERVE

Zhang Bing-gang      Zhuo Mu-ning

(*Institute of Soil Science of Guangdong Province*)

Abstract

Thin lateritic red earth is mainly distributed under coniferous forest, broad-leaf forest and mixed forest in Ding Hu Shan. Soil texture is mainly stone middle loam. Soil horizons of broad-leaf forest and mixed forest are thicker. The clay of illuvium is higher than the top layer and the sublayer. The destructive ratio of soil structure, the total capacity of macro structure and the available porosity are positive correlation with the capacity of organic matter. The research shows that the soil structure of broad-leaf forest is the best, and that of mixed forest is intermediate between coniferous forest and broad-leaf forest. Because the soil structure of broad-leaf forest is better, it helps in the infiltration and conservation of soil moisture.