

鼎湖山亚热带季风常绿林不同林型下 土壤水分状况的研究*

张秉刚 卓慕宁 骆伯胜 黄湘兰
(广东省土壤研究所)

摘 要

本文报道了 1985—1988 年鼎湖山亚热带季风常绿林三个林型下土壤水分状况的动态。根据各林型的林冠降水量、土壤水分含量、土壤水分运动方向等参数,划分土壤水分季节,具体分为干季(12—2月)、湿季(4—9月)两个过渡季(3月)及(10—11月)等4个水分季节。

在不同的水分季节中,阔叶林下水化赤红壤的湿度大,具有“稳湿”特点;针叶林下赤红壤湿度小,而且变幅大,具有“易变”特点;混交林下赤红壤的水分状况,介于针叶林和阔叶林之间,具有过渡或中间状态的特点。

关键词: 土壤水分; 土壤水势; 土壤有效水; 土壤水分季节

土壤是生态系统中的重要组成部分,它的形成、发育、演变是自然因素综合影响的结果。土壤随小气候变化、发展而发生不同程度的演变。与此同时,土壤演变又为生态系统的演变打下基础。不同林型及其土壤是森林生态系统的重要基础。其中土壤的物质迁移和土壤的水热状况变化,对森林生态系统的平衡起着重要作用。为了研究鼎湖山自然保护区不同林型的生态功能及其对土壤生态因素的影响,我们在 1983—1984 年研究了土壤的物理条件和水分特征^[1]。在这个基础上,1985—1988 年进行不同林型土壤水热状况的研究,本文是研究结果中的一部分。

一、观测点的基本情况与研究方法

我们在针叶林、针阔叶混交林、阔叶林下,分别设立作为不同林型土壤水热状况的定位观测点,观测期间的基本情况见表1。

采取定位动态观测与室内模拟、分析相结合的方法,室外项目的动态观测,每隔 5 天

* 国家自然科学基金委员会资助课题。本课题研究蒙陆发熹教授、何金海研究员的指导,野外工作承中国科学院鼎湖山森林生态系统定位站黄玉佳、莫江明、郭贵仲同志大力协助,在此一并致谢。

表 1 土壤定位观测点基本情况 (1985—1988年)

Table 1 Information of the fixed observational site(1985—1988)

土壤 Soil	植被类型及主要代表植被 Vegetation type and representative vegetation	林冠降水量 Rainfall of forest canopies (mm)	AT (°C)		S (°C)	AS (°C)		
			AT ₁	AT ₂		AS ₁	AS ₂	AS ₃
赤红壤 Lateritic red earth	针叶林 马尾松-芒基-苏铁-桃金娘	1397.0	24.00	8688	24.57	23.01	27.68	15.93
赤红壤 Lateritic red earth	混交林 马尾松-木荷-锥栗-红皮紫椴	1399.0	23.78	8249	23.07	21.63	27.13	15.10
水化赤红壤 Hydrous lateritic red earth	阔叶林 锥栗-木荷-厚壳桂-格木-黄果厚壳桂	1472.4	21.58	7465	20.56	19.92	24.75	13.21

注: AT——气温 Atmospheric temperature
 AT₁——年平均 Annual average Temperature
 AT₂——≥10°C 积温 Accumulated temperature
 S——地面温 Surface temperature of the earth
 AS——15cm处土温 Av. soil temperature in 15cm
 AS₁——年平均 Annual average
 AS₂——最热月平均 Av. in warmest month
 AS₃——最冷月平均 Av. in coolest month

观测降水量、温度及土壤水势。土壤自然含水率的测定视需要进行定期及不定期采样,大体上每月1—2次。

二、结果与讨论

(一) 林冠降水量及其动态

鼎湖山自然保护区降水量年较差颇大,月较差也颇明显,据1983—1988年资料,1983年10月、1984年10月、1987年1月及12月均未降水,1985—1988年三个林型的林冠降水量1397—1472.4 mm,平均1423.0 mm,比谷地气象站测得的1839.3 mm少416.3 mm,即林冠降水量只占降水量的77.4%。

尽管三个林型的林冠降水量差异不大,但从季节上看,可分为4个降水季节。(1)旱季:从12月初起至翌年2月,该季平均降水量占全年的6.9—7.1%,三个林型的林冠降水量比较接近,该季节历年的降水差异较大,1987年12月、1月点滴未下,1986年1月也只降水0.7 mm。(2)第一过渡季:出现于3月,是由旱季向雨季过渡的季节,该季平均降水量占8.2—8.6%,其中有些年占15—16%,比常年降水量多50—60%。(3)雨季:从4月至9月,占全年降水量的75—77%,其中针叶林林冠降水量略多于其它林,该季末9月历年降水量差异较大。(4)第二过渡季:10—11月,是由雨季向旱季过渡的季节,该季及早季(12—2月)阔叶林的林冠降水量大于其它林型。

4年的降水量表明,5月和10月、1月分别是降水量最高和最低月份,降水量及其分配特点,是土壤水分状况变化的基础。

表 2 不同林冠降水量(mm) (1985—1988年)

Table 2 Rainfall of different forest canopies (mm) (1985—1988)

月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	总量 Total	月平均 Monthly average
林型 Vegetation type	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.		
针叶林 Coniferous forest	8.45	52.52	116.60	164.20	230.47	161.73	227.10	212.83	81.47	26.87	79.30	36.10	1397.0	116.41
混交林 Mixed forest	9.17	50.63	119.77	163.63	234.37	151.37	226.07	206.63	86.60	27.00	85.83	38.77	1399.8	116.56
阔叶林 Broadleaf forest	8.90	56.20	120.37	156.27	254.10	170.37	223.57	200.27	110.07	37.63	97.40	37.27	1472.4	122.70

(二) 土壤水及其动态特征

根据林冠降水着地后的去向,从三个方面讨论。

1. 降水的人参与流失:

土壤水的主要来源是降水,而降水在地表流失和入渗土壤的多少,与土壤的渗透速度、凋落物厚度及其腐烂程度有关。据测定,渗透速度快、凋落物较厚的阔叶林下0—50cm土壤入渗率最高(48.61%),从地表及50cm土层下流失的水分较少(51.39%);渗透速度虽然较快,但凋落物层薄的针叶林土壤入渗率低(28.34%),流失量也较多(71.66%)。降水入渗率的多少对土壤的贮水量有直接作用,入渗率越大,贮水量也越多,反之,贮水量也越少。

2. 土壤水分的蒸散:

根据吴兴宏、周远瑞对该地自然林、疏松林下蒸发量的观测资料^[2],自然林下年蒸发量159.0mm,疏松林下为517.0mm,后者比前者多359mm。自然林下干季、第一过渡季、湿季、第二过渡季的蒸发量分别为50.3、3.6、79.4、25.7mm;疏松林下分别为99.0、16.7、336.8、82.4mm,相比之下,疏松林下(针叶林)的蒸发量比自然林下(阔叶林)大2—4倍。

阔叶林林冠降水量比针叶林高,而林下蒸发量则针叶林成倍甚至几倍地大于阔叶林,是不同林型下土壤水状况差异的基础。

作者在研究了不同林型土壤的蒸发性能后指出^[1],“阔叶林下土壤的保水性最好,混交林最差”。观测期间进行的土壤蒸散量测定结果表明:在10月份,0—30—50cm土壤的蒸散量随深度加深而递增,其中0—30cm土壤的蒸散量因林型而异尤为明显,针叶林、混交林、阔叶林土壤蒸散量分别为53.80、46.60、20.73mm。

3. 土壤水分动态:

(1) 月动态 从表3可知:不论是0—30cm或0—50cm土层,土壤水分的月平均含量多少顺序是阔叶林>混交林>针叶林,其中阔叶林下0—50cm土壤含水量比针叶

表 3 土壤水分月动态(mm) (1985—1988年)
Table 3 Monthly change of soil moisture (mm)(1985—1988)

林 型 Vegetation type	针 叶 林 Coniferous forest		混 交 林 Mixed forest		阔 叶 林 Broadleaf forest	
	0—30	0—50	0—30	0—50	0—30	0—50
深度 Depth (cm)						
1 Jan.	72.54	117.49	76.61	139.60	101.44	156.87
2 Feb.	77.66	128.61	81.98	149.27	104.74	161.09
3 Mar.	84.40	144.05	87.86	160.00	114.97	187.41
4 Apr.	92.91	160.27	93.08	168.71	115.58	181.20
5 May	87.11	153.86	92.34	170.28	120.72	190.51
6 Jun.	89.48	154.18	101.51	176.27	112.12	179.86
7 Jul.	91.61	157.29	98.48	177.44	128.62	194.50
8 Aug.	85.49	144.82	83.94	158.01	115.44	176.13
9 Sep.	79.03	139.00	81.70	150.49	107.10	168.40
10 Oct.	67.08	113.33	73.54	131.17	98.31	150.79
11 Nov.	70.99	120.95	72.13	128.47	96.16	149.75
12 Dec.	70.44	115.10	68.19	127.83	100.61	155.16
全 年 Total year	968.74	1648.90	1011.36	1837.20	1315.80	2051.70
月 平 均 Monthly average	80.73	137.4	84.3	153.1	109.5	171.0

林多 402.8 mm, 接近 20%。同时, 阔叶林 0—50 cm 土壤含水量的月差较小, 出现最高含水量月比针叶林迟 3 个月; 而含水量最低月的出现也比针叶林迟 1 个月; 混交林则介于二者之间。最高月与最低月含水量的差值大小顺序是混交林下土壤 > 针叶林 > 阔叶林。

(2) 季节动态及其划分 众所周知, 影响森林土壤贮水量消长的因素是降水量、蒸散量及气温。上述因素在不同时期对不同林型土壤贮水量的影响程度各异, 根据我们对土壤贮水量与降水量、蒸发量、气温关系的回归分析, 针叶林下 10—4 月土壤贮水量与温度关系最密切, 5—9 月则与降水量关系最密切; 阔叶林下土壤贮水量 10—2 月与温度关系最密切, 4—9 月则与蒸发量关系最密切, 而 2—3 月与降水量关系最密切。由此可见, 不同林型土壤的贮水量, 在不同季节中各有其影响主因和次因。诚然, 植物的吸收与土壤性质是影响土壤贮水量的主要因素, 而上述诸因素只是一般影响因素而已。

表 4 土壤水分季节动态(mm) (月平均)

Table 4 Seasonal change of soil moisture (mm)(monthly average)

林型 Vegetation type	0—15cm				16—30cm				31—50cm				0—50cm				0—50cm 田间持水量 Field moisture capacity
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
针叶林 Coniferous forest	43.5	49.7	50.2	38.8	30.0	34.6	37.4	30.2	46.8	59.6	63.9	48.1	120.3	143.9	151.5	117.1	174.7
混交林 Mixed forest	45.0	42.7	44.1	35.7	39.7	45.1	47.7	37.1	63.4	75.6	75.0	57.0	139.0	163.4	166.8	129.8	200.8
阔叶林 Broadleaf forest	53.8	60.3	60.1	50.3	48.5	54.6	56.5	46.9	55.6	72.4	66.0	54.3	157.9	187.3	182.6	151.5	226.8
备注 Note	1. 干季 Dry season				2. 第一过渡季 Transitional season				3. 湿季 Humid season				4. 第二过渡季 Transitional season				

水分季节的划分, 主要根据水分的有效程度。衡量水分的有效性指标, 以当季的月平均水分含量相当于该土壤的田间持水量多少为依据。当季的月平均含水量大于田间持水量 80%, 土壤水势 $< 0.4 \text{ bar}$, 速效水分能持续满足植物生长需要时, 称为土壤湿季; 当季的月平均水分低于田间持水量 70%, 水势 $> 0.65 \text{ bar}$, 速效水分不能及时满足植物生长需要的, 称为土壤干季; 介于干湿季中间, 土壤速效水分间断地不能满足植物生长需要的, 称为过渡季。根据上述指标, 三个林型下土壤水分季节的出现月份略有不同, 一般来说, 阔叶林比针叶林迟半个月。各个季节的特征如下:

土壤干季及第二过渡季: 自 10 月至 11 月及 12 月至翌年 2 月, 属于土壤失水期。该二季土壤水的来源不足, 土壤水分蒸散作用强烈, 0—50cm 的土壤贮水量比湿季减少 24.7—37.0mm, 其减少程度是混交林 $>$ 针叶林 $>$ 阔叶林。在该二季, 由于土壤水分不足, 针叶林下芒萁叶变黄甚至凋萎, 混交林下草本植物及阔叶林下苔藓植物叶色变黄。

第一过渡季: 3 月属于土壤缓慢失水、补充水的相互交替时期, 土壤水分含量, 既高于干季及第二过渡季, 又低于湿季。由于降水补充水分和减弱蒸散作用, 土壤贮水量增加的顺序是混交林 $>$ 针叶林 $>$ 阔叶林。

湿季: 土壤水分涵蓄期, 自 4 月至 9 月底或 10 月初, 针叶林、混交林下 0—50cm 土壤贮水量略高于第一过渡季和明显地高于第二过渡季和干季, 但阔叶林下土壤水分则略低于第一过渡季。在湿季, 雨后重力水的下渗和侧渗同时进行, 土壤速效水足以满足植物生长所需。

土壤水分的垂直分布, 因植被群落及土壤保水性能而异。在旱季, 混交林下土壤不同深度的贮水量差值较大, 针叶林的差值较小, 阔叶林较接近。相比之下, 显示了阔叶林土壤的水分即使在干旱季节, 也是相对稳定的。在湿季, 针叶林土壤不同深度间含水量的差值最明显, 混交林土壤次之, 阔叶林土壤差值最小。在过渡季, 混交林土壤不同深度间的含水量不仅差异最大, 而且易增易减; 阔叶林则差异不大, 稳定性强。

综上所述, 可以看出 4 个水分季节中, 第二过渡季的水分偏近于干季, 属有效水分偏低以至不足季节, 第一过渡季土壤水分偏近于湿季, 土壤速效水分充足。根据土壤水分含量及季风常绿林对土壤水分的要求, 可以认为, 3—9 月是土壤水分入渗涵蓄期, 10—

2月是土壤水分亏损期。

(三) 土壤水分的运动方向及其规律

赤红壤属非饱和土壤,其水分的运动方式符合液体在多孔介质中流动的达西定律,土壤水由水势小的深度向大的方向流动。

1. 土壤水分的月、季运动方向:

从表5水势的月动态可知,干季,针叶林、混交林下赤红壤水分自下而上运行,阔叶林下水化赤红壤则自上而下移动;在湿季和第二过渡季,针叶林、混交林下赤红壤水分自5cm及30cm处分别向15cm处移动,阔叶林下水化赤红壤水分自上而下移动;在第一过渡季,阔叶林、混交林、针叶林下土壤水分皆自上而下移动。

表5 赤红壤的月、季水势动态 (1986—1988年)

Table 5 Monthly and seasonal change of soil moisture potential (bar)(1986—1988)

林型 Vegetation type	深度 Depth (cm)	1 Jan.	2 Feb.	3 Mar.	4 Apr.	5 May.	6 Jun.	7 Jul.	8 Aug.	9 Sep.	10 Oct.	11 Nov.	12 Dec.	年平均 Annual average
针叶林 Coniferous forest	5	0.85	0.66	0.29	0.11	0.18	0.23	0.20	0.26	0.54	0.81	0.73	0.79	0.47
	15	0.83	0.68	0.30	0.20	0.25	0.28	0.26	0.40	0.53	0.76	0.67	0.85	0.57
	30	0.85	0.62	0.37	0.36	0.19	0.26	0.22	0.33	0.50	0.79	0.70	0.82	0.50
混交林 mixed forest	5	0.75	0.55	0.21	0.10	0.08	0.24	0.31	0.18	0.47	0.80	0.67	0.71	0.42
	15	0.67	0.57	0.26	0.26	0.08	0.28	0.17	0.32	0.49	0.75	0.71	0.77	0.44
	30	0.77	0.55	0.26	0.26	0.10	0.23	0.19	0.20	0.47	0.74	0.68	0.67	0.43
阔叶林 Broadleaf forest	5	0.65	0.49	0.17	0.09	0.10	0.13	0.09	0.16	0.38	0.65	0.65	0.69	0.35
	15	0.67	0.57	0.17	0.11	0.13	0.14	0.08	0.14	0.42	0.60	0.64	0.70	0.39
	30	0.70	0.67	0.26	0.11	0.14	0.10	0.13	0.20	0.51	0.71	0.63	0.73	0.41

2. 土壤水分的周运动方向:

不同水分季节中土壤水分的运动方向,受降水量、降水天数、降水强度和蒸散作用制约。在干季,持续15天左右不降水,不同林型下土壤水势的动态,反映了土壤水分的运动方向与强度,从表6可知,针叶林下土壤自12月9日起连续干旱4天,水势由0.4巴左右急剧升到0.83 bar,但阔叶林下土壤连续干旱10天后,即12月15日才急剧由0.04 bar上升至0.94 bar,反映了阔叶林下土壤水分的蒸散作用弱。在过渡季,降水是改变土壤水分运动方向的主要因素,例如,自3月2日降水后8天,针叶林下土壤水势急剧升高,5cm处土壤水势从0.11bar升至0.77bar,阔叶林下同样深度土壤由0.2bar升至0.27bar,反映了针叶林土壤水分自下而上强烈蒸散,阔叶林土壤水分则蒸散较缓慢。湿季的降水量、对不同林型下不同深度土壤的水分运动有明显影响。例如,7月6日降水55—60mm,非饱和土壤短时间内处于饱和状态,出现重力势大于基质势,三种林型的土壤水分自上而下移动,7月11日降水10—11mm后第2天,针叶林、混交林土壤15cm处,土壤水势低于其上、下层,土壤水分向5cm及30cm处移动;阔叶林

土壤的水势自上而下增大,土壤水分自上而下移动。当7月15日降水5—6mm后的第3天,针叶林下土壤15cm处水势低于上、下层,水分自15cm处向上、下移动;阔叶林下土壤15cm处水势高于其上、下层,5cm及30cm土壤水分向15cm处移动;混交林的土壤水势自上而下升高,水分自上而下移动。从不同季节降水后的土壤水势变化看,土壤的脱水过程受林型植被及土壤性质影响。从三种土壤水势变化看,土壤的脱水速度顺序是阔叶林<混交林<针叶林。而充水过程则针叶林>混交林>阔叶林。

表6 土壤水势周动态

Table 6 Weekly change of soil moisture potential (bar)

林型 Vegetation type	日期 Date	深度 Depth (cm)			日期 Date	深度 Depth (cm)			日期 Date	深度 Depth (cm)		
		5	15	30		5	15	30		5	15	30
	针叶林 Coniferous forest	1986 12.5 12.9 12.15 12.20	0.40 0.86 0.85 0.97	0.33 0.95 0.99 0.99	0.47 0.56 0.92 0.99	1987 3.2 3.10 3.14 3.20	0.11 0.77 0.85 0.13	0.13 0.80 0.95 0.08	0.13 0.93 >1.0 0.53	1987 7.2 7.6 7.12 7.18	0.80 0.40 0.25 0.24	0.53 0.43 0.12 0.20
混交林 Mixed forest	12.5 12.9 12.15 12.20	0.33 0.63 0.98 0.98	0.40 0.80 0.95 0.95	0.43 0.86 0.99 0.99	3.2 3.10 3.14 3.20	0.03 0.25 0.20 0.03	0.05 0.20 0.28 0.05	0.11 0.33 0.56 0.12	7.2 7.6 7.12 7.18	0.60 0.26 0.25 0.20	0.63 0.36 0.12 0.20	0.53 0.26 0.20 0.25
阔叶林 Broadleaf forest	12.5 12.9 12.15 12.20	0.24 0.35 0.93 0.96	0.33 0.68 0.80 0.82	0.63 0.58 0.78 0.77	3.2 3.10 3.14 3.20	0.20 0.27 0.13 0.07	0.23 0.24 0.17 0.13	0.48 0.40 0.33 0.40	7.2 7.6 7.12 7.18	0.40 0.13 0.05 0.13	0.37 0.18 0.06 0.28	0.35 0.15 0.09 0.20

土壤水势是土壤水分含量的反映,根据对1985—1988年平均水势与水分含量的相关分析,针叶林和阔叶林土壤的相关系数 r 值均为0.9以上。由此可见,土壤水势的动态比较客观地反映了土壤水分的运动方向和强度。

三、结 语

地处北回归线附近的鼎湖山自然保护区,既不同于同纬度的其它大部分地区那样被沙漠或半沙漠覆盖,也有异于典型的热带雨林那样在旱季有集中落叶的特征,而为季风常绿林所覆盖。在南亚热带高温多雨与干风寒气交替的气候影响下,不同林型的生态功能有异,调节土壤的水分循环作用也有差异。

1. 阔叶林—水化赤红壤:阔叶林是南亚热带所特有的过渡性质的自然林。林型结构的特点,不仅有利于截留降水、减少地表径流和增加地下径流,而且有利于自然形成滴水、泌水,增加林冠降水和补给了土壤水分,有力地调节土壤水分循环,导致土壤水分含量高而且稳定。

2. 针叶林—赤红壤:针叶林是一种半自然林型。林型结构较简单,枯枝落叶少又难腐烂,土层薄且紧实,有利于地表径流,不利于降水的人渗,常年土壤贮水量较低,土

壤的水分状况表现“不稳、易变”。

3. 混交林—赤红壤：鼎湖山混交林是个不稳定的群落类型，林型结构简单，林冠层次略多于针叶林，枯枝落叶层较厚，土壤比较疏松。林冠降水受多层林冠截留，着地的降水常为深厚的凋落物层吸收或滞留，起了促进地下径流、减少地表径流的作用。混交林系统中的阔叶树种，蒸腾作用强烈，在增大林内大气湿度的同时，往往形成滴水、泌水，水分回到土壤或凋落物层中，有力地调节了温度，减缓了土壤蒸发，有利于土壤水分贮存，其水分状况介于针、阔叶林之间。

参 考 文 献

- [1] 张秉刚 卓慕宁, 1985: 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, 第3集, 1—10 页。
[2] 吴兴宏 周远瑞, 1985: 鼎湖山自然林小气候的特点. 热带亚热带森林生态系统研究, 第3集, 11—18 页。

A STUDY ON SOIL HYDRO-REGIME UNDER DIFFERENT TYPES OF SUBTROPICAL MONSOON EVERGREEN FOREST IN DINGHU SHAN*

Zhang Binggang, Zhuo Muning, Luo Bosheng and Huang Xianglan

(*Institute of Soil Science of Guangdong Province*)

Abstract

The paper presents the soil hydro-dynamic regime under three types of subtropical monsoon evergreen forest in Dinghu Shan from 1985 to 1988. Based on the precipitation of forest canopy, soil moisture capacity direction and intensity of soil moisture movement etc, the soil hydro-season can be divided into the dry season (December to the next February), humid season (April to september) and the transitional season in between above two seasons (March and October to November).

On the different soil hydro-seasons, the humidity of hydrous lateritic red earth under broad leaf forest is large, it is of the characteristics of stable humidity. The humidity of lateritic red earth under coniferous forest leans to low and easily changeable, the hydro-regime of lateritic red earth under mixed forest is characterized transitional or middle status between coniferous and broad leaf forest.

Key words: Soil moisture; Soil moisture; Effective soil moisture; Soil moisture season

*The subject is supported by the Science Fund of the Commission of National Natural Science.