

022335

滇南地区热带雨林的土壤水分状况及其与雨林植物生长发育的关系*

云南省热带植物研究所 地植物组

云南省植物研究所 地植物组

雨林土壤水分状况,不仅在雨林土壤形成过程中,对于土壤物理、化学和生物过程起着巨大的作用,而且对雨林植物群落的组成、分布和活动强度以及植株生长发育等,均有着重要的影响。因此,研究雨林土壤水分状况,无论在实践上和理论上都具有重要的意义。

本文根据1959—1962年间获得的有关资料,着重探讨热带雨林下土壤水分的特点和变化规律及其与雨林植物某些生长发育的关系,为研究热带雨林下土壤的生成发育和雨林植物的自然更新、林地的经营管理以及定向开发利用热带土壤,提供一些参考资料。

早在1958年年底,原中国科学院昆明植物所在云南省西双版纳傣族自治州大勐龙地区,建立了热带森林生物地理群落试验站,并开展了气候、土壤、植被的综合定位研究。本文根据这个站定位研究资料,加以整理写出。为了节省篇幅,本文暂不详提研究方法,只就研究所得结果,分节叙述如次。

一、研究地区的自然环境条件和土壤特征

研究地区位于云南省西南部西双版纳傣族自治州,大勐龙山间盆地的西侧,曼仰光龙山东坡的边缘缓坡地带,方位处于东径 $100^{\circ}44'$ 、北纬 $21^{\circ}44'$,海拔约650米。

研究地区系属滇南间山谷地热带季风气候^[1]。其特点是终年温暖,雨量充沛,全年无霜雪;一年中虽无明显的四季之分,只因受干燥热带大陆气团和暖湿赤道气团季节性交替的影响,使本区干、湿季节非常明显。根据这里水热条件的特点,一年中可划分为三个明显的季节:雨季、雾季和干季。雨季见于5—10月,此时气候暖湿,云雨较多,几乎85%的雨量集中在此期降落。雾季见于11—翌年2月,此时空气潮湿,雾浓露大,每日晚9—10时便开始有雾,直至次日中午11—12时方散。每日露量可达0.1—0.5毫米。干季则见于3—4月,这时气温高,相对湿度小,空气干燥,雨量极少,为全年降

* 参加土壤和植物观测工作的有:柴圃、高粱、程长喜、向应海、邱学忠、白佩瑜、吴又优、唐俊臣、程仕文、罗家清、周健刚、汪汇海、李德厚等。本文由汪汇海执笔。

水量最少的季节。本区全年降水量平均在1,500毫米左右,年蒸发量约1,700毫米,年平均温度在21—23°C之间。月平均最高气温33.4—32.3°C,出现于4—5月,平均最低气温10°C左右,出现在12月至来年1月。月平均相对湿度最高限出现在雨季,为89—90%,最低限出现在干季,为74%左右。

研究地区的植被类型属滇边间山盆地热带雨林,季雨林省,常绿干性季节性雨林^[2],即通称的“热带雨林”。其特点为:树种繁多,层次及优势种不显著,层中有大量藤本和附生植物。样地中乔木树种,以大叶白颜树(*Gironniera subaequalis*)、大药树(*Antiaris toxicaria*)、狭叶勒麻木(*Knema linifolia*)和银钩花(*Mitrephora wangii*)为主。灌木层以山黄皮(*Clausena dentata* var. *robusta*)、白背桐(*Mallotus barbatus*)和刺木(*Canthium parvifolium*)为主。草本植物以茛蕨(*Pleocnemia leuzeana*)、爱地草(*Geophila herbacea*)、卷柏(*Selaginella picta*)为主。层间植物主要有翼核果(*Ventilago calyculata*)、见血飞(*Mezoneurum cucullatum*)。绞杀植物有脱辟木(*Tupidanthus calyptratus*);附生植物有鸟巢蕨(*Neottopteris nidus*)。

土壤为发育在深厚砖红壤上的热带雨林土,其特点为:1.土层深厚,风化极深;2.剖面过渡不明显,母质以长英岩、石英粗面岩为主;3.土壤淋溶作用比较明显,表现在B层有胶膜状沉积物。兹将这里土壤的典型剖面特征和主要理化性质分别列于表1和表2。

表1 热带雨林土的典型特征

发生层	土层深度 (厘米)	剖面特征
A'	0—3	保持原有形态,分解较弱的残落物层。
A''	3—4	处于半分解状态的残落物层。
A ₁	4—5	灰棕色中壤土,团粒一小粒状结构,稍紧,孔隙多量,细根很多,湿润。
A' ₁	5—14	浅灰棕重壤土,小粒状结构,疏松,孔隙多量,根系较多,湿润。
AB	14—32	黄棕色轻粘土,粒一核状结构,稍紧,根系比A' ₁ 层少,稍湿润。
B ₁	32—63	暗棕色轻粘土,小核状结构,稍紧,粗根多,有虫穴和碳粒,稍润。
B ₂	63—108	棕色轻粘土,棱块状结构,表面有胶膜,紧,粗根量次于上层,有碳粒,稍润。
BC	108—136	带少量黄斑的红棕色轻粘土,大团块结构,紧实,根极少,有少量石英粒和碳粒,润。
C	136—400	夹有黄色斑纹的红棕色轻粘土,大团块结构,紧实,有少量石英粒,润。

表2

热带雨林土的主要理化性质*

深度 (厘米)	有机质 (%)	全 氮 (%)	PH		吸 湿 水 (%)	土 壤 比 重	机械组成 (直径, 毫米)						
			H ₂ O	KCl			1	0.25	0.05	0.01	0.005	<0.01	<0.001
							0.25	0.05	0.01	0.005	0.001		
0—10	3.70	0.30	4.20	3.70	2.35	2.64	8.90	19.45	12.37	7.08	14.33	59.28	37.87
10—28	2.23	0.17	4.27	3.80	3.41	2.66	7.55	20.83	10.26	8.02	15.43	61.26	37.81
28—59	1.66	0.14	4.80	3.88	4.06	2.76	8.17	20.36	14.09	6.75	18.73	57.36	31.88
59—104	1.24	0.09	4.89	3.94	4.38	2.78	6.84	15.25	16.57	7.60	16.20	61.34	37.54
104—132	0.95	0.08	5.16	4.05	4.38	2.72	6.05	15.91	9.94	9.02	15.36	68.10	43.72
132以下	0.18	0.09	5.30	4.14	3.20	2.72	6.55	15.64	10.81	4.64	17.17	67.00	45.16

* 有机质按丘林法; 全氮按克氏改进法; PH用雷磁24型酸度计测定; 比重为比重并法; 机械组成为吸管法。

二、热带雨林下土壤水分状况的基本特性及其动态规律

(一) 热带雨林下土壤的水分物理性质

现将热带雨林下土壤的一般水分物理性质列于表3。

从表3中可清楚的看出, 热带雨林土壤的水分物理性质有下列几个特点:

1. 热带雨林土壤特别疏松多孔, 总孔隙度很高, 可在71.1—57.0%之间, 其值且随剖面深度的增加而逐渐降低。即使各土层含水量在田间持水量时, 未被水分所充满的土壤孔隙仍保持在40.9—16.3%之间, 这表明热带雨林土壤的通气性是非常良好的。

2. 由上表看出雨林土壤的最大吸湿量和凋萎湿度均较高, 分别在11.49—14.80%和18.38—23.68%之间, 并均随剖面的加深而增加。造成这种趋势的主要原因是和剖面中粘粒含量随深度增加与有机质随深度减少有密切的关系。

3. 田间持水量的剖面分布是以表层为最低, 向深层则逐渐增加, 其值在26.3—41.5% (占体积%) 之间, 上下相差约15%。

4. 从田间持水量时的有效水量可以看出, 热带雨林土壤所含的有效水是充足的。在200厘米深度内, 每10厘米厚的土层中的有效水量均较高, 其值在15.5—10.9毫米之间。

5. 热带雨林土壤的渗透性较好, 每小时渗透量可达12毫米, 最大渗透速度2.5毫米/分, 平均速度0.2毫米/分。

根据以上所述可看出, 热带雨林土壤系具有良好水分物理性质的土壤。

表3

热带雨林土的水分物理性质*

土层深度 (厘米)	容重 (克/厘米 ³)	总孔隙度 (%)	最大吸湿量 (占干土重量%)	凋萎湿度	田间持水量	最大吸湿量 (占干土体积%)	凋萎湿度	田间持水量	在田间持水量时		渗透性
									有效水量 (占干土体积%)	通气孔隙	
0—10	0.78	70.5	11.49	18.38	38.2	8.96	14.34	29.8	15.5	40.9	最大渗透速度 2.5毫米/分, 平均 渗透速度 0.2毫米/分, 每小时 渗透量 12毫。
10—20	0.77	71.1	12.30	19.68	35.6	9.47	15.15	27.4	12.3	43.8	
20—30	0.77	71.0	12.48	19.97	34.2	9.61	15.38	26.3	11.0	44.7	
30—40	0.80	71.0	12.53	20.05	33.7	10.02	16.04	27.0	10.9	43.9	
40—50	0.92	68.7	13.33	21.33	33.7	12.26	19.62	31.0	11.4	37.7	
50—60	0.87	68.7	14.29	22.86	35.4	12.43	19.89	30.8	10.9	37.9	
60—70	0.94	66.1	14.59	23.34	35.4	13.72	21.94	33.3	11.3	32.8	
70—80	0.97	65.1	14.23	22.77	36.0	13.80	22.09	34.9	12.8	30.2	
80—90	0.94	60.1	14.13	22.61	34.8	13.28	21.25	32.7	11.5	27.4	
90—100	0.97	61.0	14.00	22.40	35.1	13.58	21.73	34.1	12.3	27.1	
110—120	1.17	61.0	14.17	22.67	34.6	16.58	26.52	40.5	14.0	20.6	
130—140	1.16	57.3	14.35	22.90	34.2	16.65	26.63	39.7	13.0	17.7	
150—160	1.17	57.0	14.74	23.58	34.9	17.25	27.59	40.8	13.2	16.3	
170—180	1.16	57.3	14.80	23.68	35.8	17.17	27.47	41.5	14.1	18.1	
190—200	1.16	57.4	14.72	23.55	34.0	17.08	27.32	39.4	12.1	18.1	

* 容重用100厘米³环刀测定; 最大吸湿量用10%硫酸溶液法; 凋萎湿度按1.6倍最大吸湿量计算求得; 田间持水量系用土埂法在田间直接灌水测定; 透水性采用双圈法在田间直接测定。

(二) 热带雨林下土壤水分的年变化

热带雨林土壤水分的年变化, 深受当地气候条件周期性变动的影响。要确切了解热带雨林下土壤水分的年变化规律, 必须研究土壤水分的多年观察资料, 才能获得较为完善的概念。为此, 我们将1959—1962年热带雨林下土壤湿度季节性的变动资料绘制成图1, 并把不同层次的蓄水资料列于表4。

表 4

热带雨林下土壤蓄水量的季节性变化 (毫米)

年 份 月 份 深 度 (厘米)	1 9 5 9											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0—10	116.4	111.5	112.0	114.1	144.4	132.4	145.2	147.0	158.8	134.8	116.0	128.2
50—100	136.8	140.5	134.6	129.4	149.8	149.3	158.7	164.7	170.4	153.3	145.1	145.7
100—160	214.5	221.1	214.2	204.9	216.8	232.2	228.1	244.2	243.4	226.2	218.4	218.3
0—160	467.8	473.0	460.8	448.5	511.1	513.9	532.0	555.9	572.6	514.3	479.5	492.2
1 9 6 0												
0—50	128.8	125.2	115.2	108.8	136.8	128.8	150.0	150.8	146.3	129.5	128.1	122.2
50—100	147.0	153.9	138.1	135.0	150.9	151.2	167.4	163.6	160.9	150.0	144.7	144.9
100—160	226.5	223.5	212.9	211.5	214.3	228.8	244.4	245.6	227.4	222.4	219.6	219.6
0—160	502.2	502.6	466.1	455.4	501.0	508.8	561.8	560.1	506.9	495.1	486.7	486.7
1 9 6 1												
0—50	112.0	128.5	117.9	121.4	148.2	127.2	147.2	155.2	167.2	134.8	151.6	128.5
50—100	131.6	144.6	133.6	134.9	148.5	148.2	158.0	171.3	181.1	149.6	164.3	135.2
100—160	204.7	215.2	205.2	195.3	197.3	206.0	213.9	254.6	242.4	225.1	243.5	216.7
0—160	448.2	488.3	456.7	451.5	494.0	481.4	519.1	581.0	590.7	509.5	559.4	480.5
1 9 6 2												
0—50	122.1	119.4	111.5	120.9	134.7	156.1	133.9	147.3	131.3	127.6	108.1	108.1
50—100	141.5	131.1	134.7	129.1	161.3	168.4	149.8	157.4	140.5	148.3	132.4	132.4
100—160	219.3	205.1	197.8	200.7	227.6	253.5	228.2	242.4	222.9	219.6	208.4	208.4
0—160	482.9	455.6	444.0	450.7	523.6	578.0	511.9	547.1	494.7	495.5	448.9	448.9

根据图 1 和表 4 所示, 不同季节土壤水分积累和消耗的状况以及本区气候的特征, 可将热带雨林下土壤水分的季节性变化划分为三个时期: 雨季水分积累和下渗时期、雾季水分上移和缓慢蒸发时期、干季水分上移和强烈蒸发时期。现将各时期的主要特征分述如下。

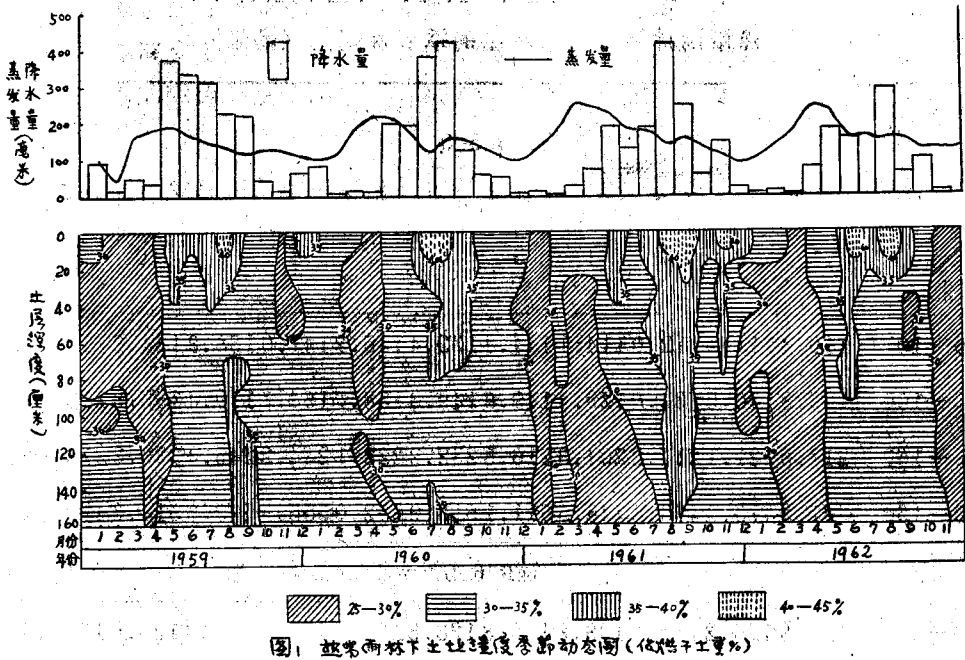


图1 热带雨林下土壤含水量季节动态图(依烘干重量%)

1. 雨季水分积累和下渗时期

从每年5月初开始至10月中或10月底,约有5个多月的时间。此时适为雨季,雨量非常充沛,降雨量高达1,200毫米左右,占年降水量78%左右。这个时期总降水量远远超过同期地表蒸发和植物蒸腾所消耗的水量,因此,降水能以重力水、毛管悬着水的形式逐渐向土壤含水较低的深层渗透,而形成此期以自上向下占绝对优势的下行水流。由于降水的补充,各层土壤水分均逐渐增加,到此期末,1.6米土层内总贮水量高达500—600毫米之间,是全年蓄水量最多的时期。此期土壤水分状况的特点:(1)垂直剖面土壤水分含量,随深度的增加而减少,整个剖面呈上多下少的特征;(2)160米以上各土层水分含量均近于或大于该层的田间持水量。

2. 雾季水分上移和缓慢蒸发时期

从当年11月初至翌年2月底,共有4个月,此一时期为雾季。在这个时期内,气温降低,植物生长速度迅速减缓,因此地表蒸发和植物蒸腾的强度,均比雨季为弱。但由于此期降水量显著的减少(约100毫米左右),其降水总量尚低于同期的总消耗量,尤其后期更为明显。此时土壤水分的运行从雨季下渗、积累转变为上移蒸发的消耗阶段。此期土壤水分状况的特点:(1)水分垂直剖面分布与雨季时期恰恰相反,随剖面的加深含水量逐渐增加,整个剖面水分呈上少下多的特点;(2)本时期160厘米以上各土层其含水量均在田间持水量和田间持水量的80%之间。160厘米深总储水量可达490毫米左右。

3. 干季水分上移和强烈蒸发时期

本时期包括3、4两个月,在气候上称为干季。此期是一年中降水最少、气温最高和相对湿度最低的时期。由于此期降水少、气温高,加剧了地表蒸发和植物蒸腾的强度,

故耗水量大大超过同期的降水量。表层土壤水分在强烈的蒸发和蒸腾的作用下显著的减少，深层土壤水分在毛管力和植物根系吸水力的共同作用下，由下向上移动，形成以上移、蒸发占主导过程的上行水流。其水分的消耗主要取自头年雨季积累下来的深层储水，故此期是水分供求关系最矛盾的时期。此时期土壤水分状况的特点为：（1）土壤水分垂直剖面分布是随深度的增加而增加，即剖面水分呈上少下多的特点。但其变化的强度和深度远较雨季为大；（2）此期土壤各层含水量均是一年中最低的时期，其值在田间持水量的80%和凋萎湿度之间。160厘米深总储水量仅有450毫米左右。

（三）热带雨林下土壤水分的垂直变化

根据植物、气候对于土壤水分状况的影响以及近年来各土层蓄水量增减状况、水分变动幅度和运行特点（参看图1、2和表4），可将热带雨林下土壤水分的垂直变化划分为以下三个层次：

0—40厘米：该层的最主要特点是土壤水分状况易受植物蒸腾、土面蒸发和大气的降水的影响。该层土壤水分变动频繁、运行迅速，水量增减非常明显，湿度变幅最大，其值可变动于25—45%之间。其中尤以0—20厘米最为明显。因此，该层的土壤水分季节性的变化对雨林植物生长发育的影响亦最为明显。

40—150厘米：受植物蒸腾、土面蒸发和大气降水的影响比上层已显著减弱。层内土壤水分的运行缓慢，湿度变化范围较小，其值在25—40%之间。该层水分对植物生育仍有重要的影响，尤其在干季，此层水分源源不断地向上运行，使上层植物用水能够得

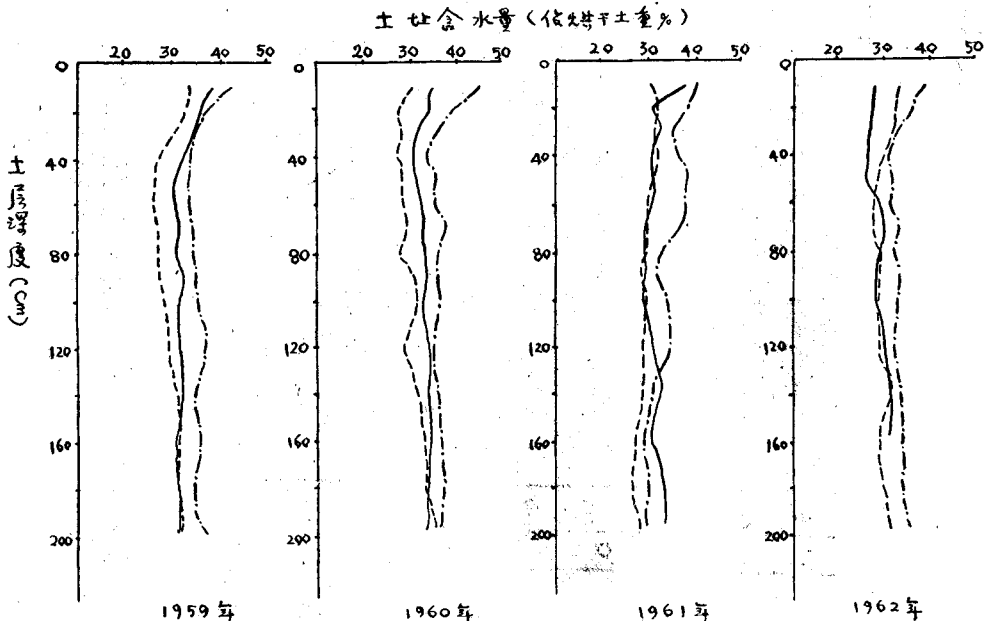


图2 热带雨林下干、湿、季三季的土壤水分垂直分布图
 - - - 干季(3-4月) — 季(11-12月) - · - 雨季(7-8月)

到及时的补给。

150—200厘米：该层水分状况，仍受植物蒸腾、土面蒸发和大气降水的影响，但其强度已远比以上二层为弱。层内土壤水分，不仅增减极慢而且变化幅度亦很小，其最大变幅一般不超过10%，一般保持在田间持水量和田间持水量的80%之间。在旱、雾季该层水分依靠分子吸力和毛管力的作用缓慢地向上移动，在一定程度上补充了上层水量，但对植物生育的直接影响已起不到显著的作用。

三、土壤水分的季节性变化与雨林植物生长发育的关系

(一) 土壤水分的季节性变化与雨林植物幼苗出现量的关系

从观测结果（图3）可以清楚地看出，雨林幼苗出现量的多少和土壤水分季节性变

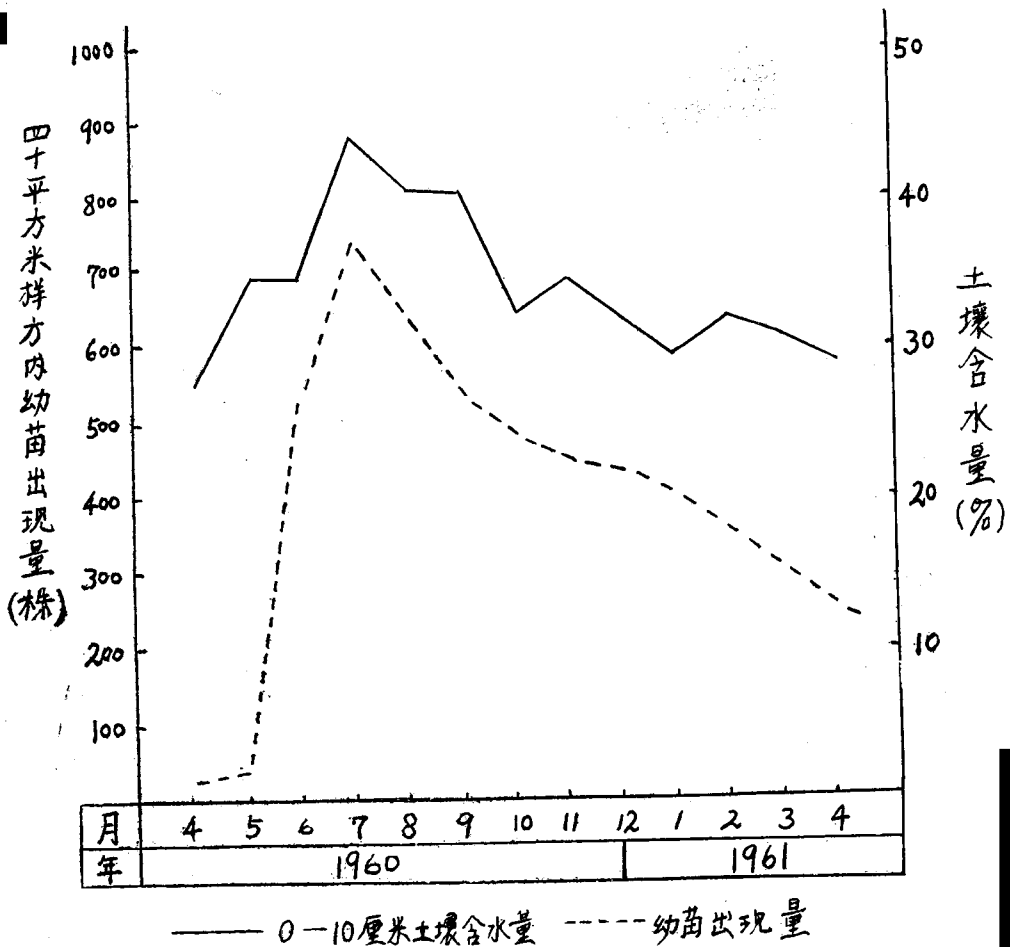


图3 雨林植物幼苗出现量与土壤水分变化的关系

化有着密切的关系。为了进一步了解两者关系的密切程度，我们据根每月观测结果，计算出雨林幼苗出现量与土壤水分之间的相关系数 $r = +0.72$ ，并作出如图4所示的关系图。相关系数 r 和图4表明：在一定土壤水分范围内（27—41%），雨林幼苗出现量与土壤水分含量之间呈正相关。即土壤含水量高，幼苗出现量就多；土壤含水量低，幼苗出现量就少。

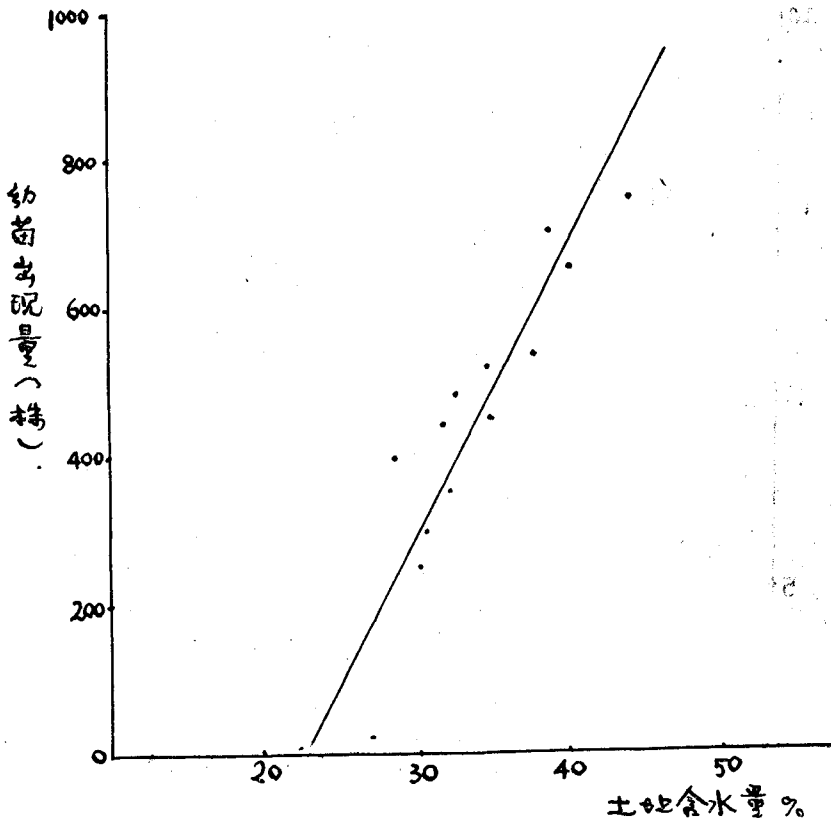


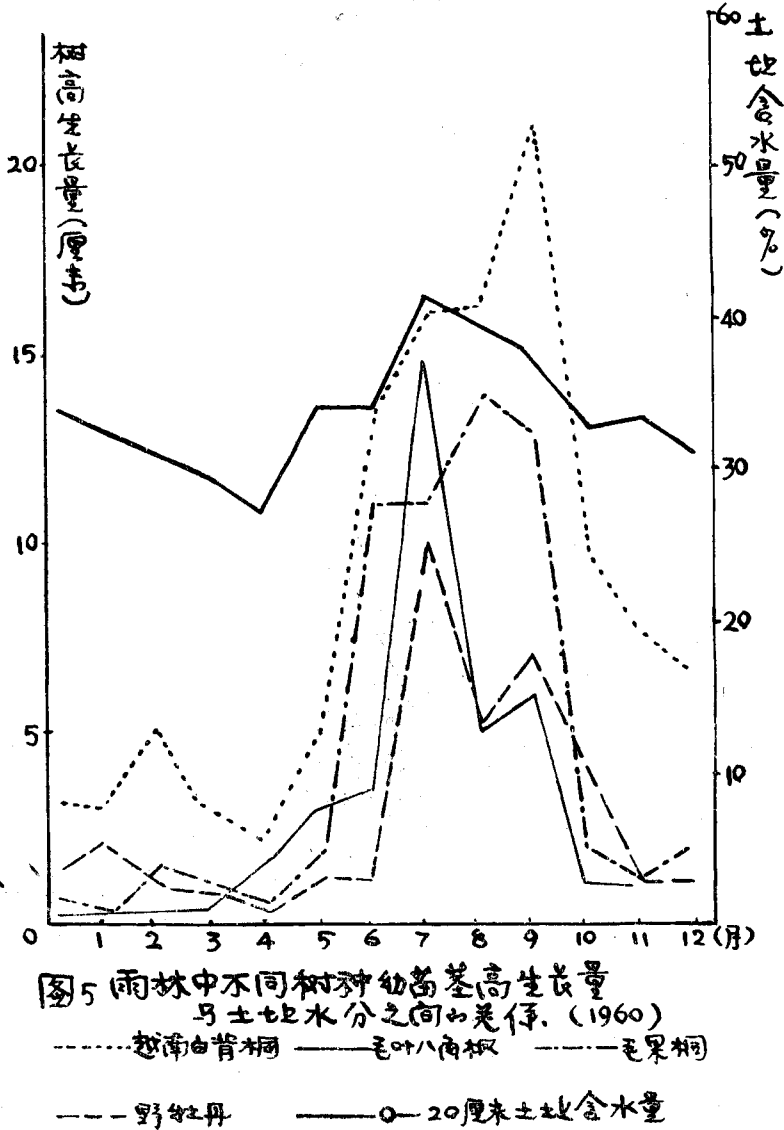
图4 雨林幼苗出现量与土壤水分间的线性关系

(二) 土壤水分的季节性变化与雨林植物高度生长量的关系

我们将雨林中四种幼树的茎高增长量和相应的土壤水分变化的资料绘成图5。

从图5中可看出，由于四种植物生长特性的不同，其茎高的月增长幅度亦大不相同。但各树种高度生长量均依土壤水分的多少而呈同一的变化。例如从11月到来年5月，由于土壤含水量较低（在27.5—34.5之间）不同树种幼苗生长均非常缓慢，其逐月平均高度生长量约在0.6—2厘米之间；而6至10月间土壤含水量增高（35.5—41.5%之间），

各种树的幼苗生长就非常迅速,月平均高度生长量可在5.6—13.5厘米之间,为11月至来年5月生长量的4—9倍。



(三) 土壤水分的季节性变化与雨林植物的叶片含水量的关系

在整个雨林植物生长期,不同树种叶片含水量的变化均随土壤水分的多少而增减(如图6所示)。在水分条件最好的5—10月内,0—40厘米土壤含水量一般在35—41%之间,此时雨林各树种的叶片含水量都最高,平均值约在71%;而在水分不足

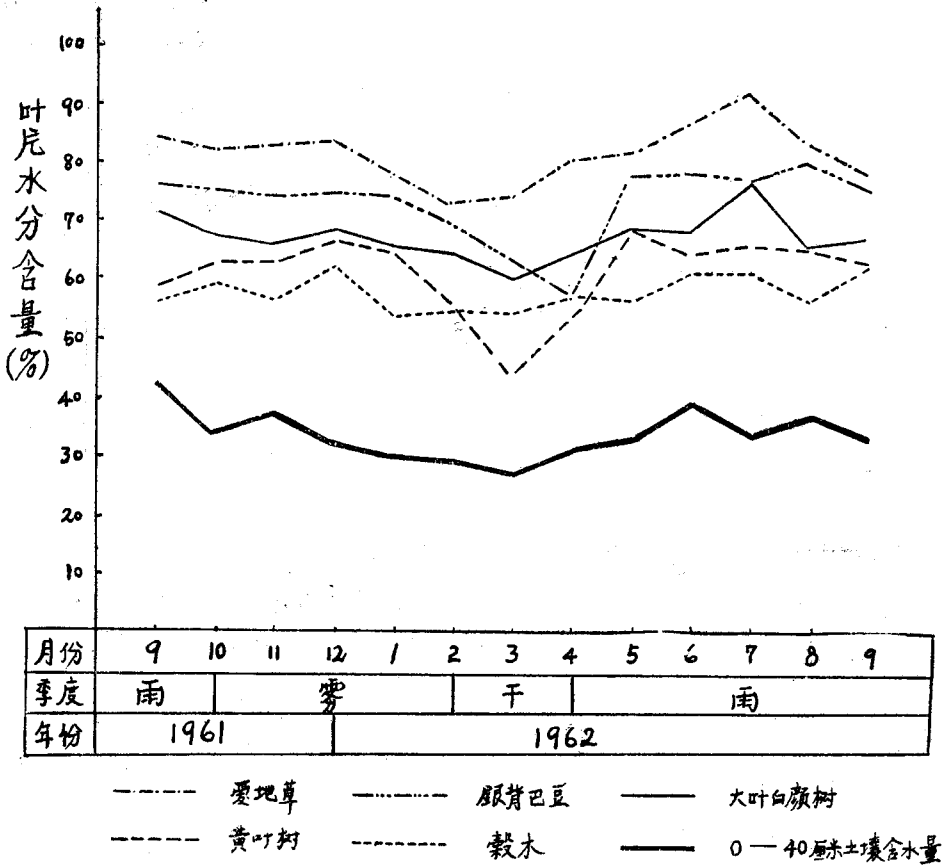


图6 不同树种叶片含水量与土壤水分变化的关系

的3、4两个月内，0—40厘米土壤含水量近于凋萎系数时，各树种叶片含水量均最低，平均值约为61%。这表明：雨林植物叶片含水量与土壤水分之间，有着不同程度的正相关关系。

(四) 土壤水分的季节性变化与雨林植物枯枝落叶的关系

土壤水分的变化不仅明显地影响着雨林植物的叶片含水量，而且对雨林植物的枯枝落叶量亦有明显的影响（见图7）。

从图7看出，雨林植物枯枝落叶量曲线的高峰出现在4月，此时恰为土壤水分变化曲线的低谷，而前者的最低谷，恰又出现在土壤水分变化曲线的最高峰部位。此两条曲线的其它部位，基本上亦均以相反的趋势而变化。由此可见，在一定土壤水分范围（26—42%）内，雨林植物枯枝落叶量与土壤含水量之间有着负相关关系。即土壤水分含量高时，凋落物量减少；土壤含水量低时，凋落物量增多。

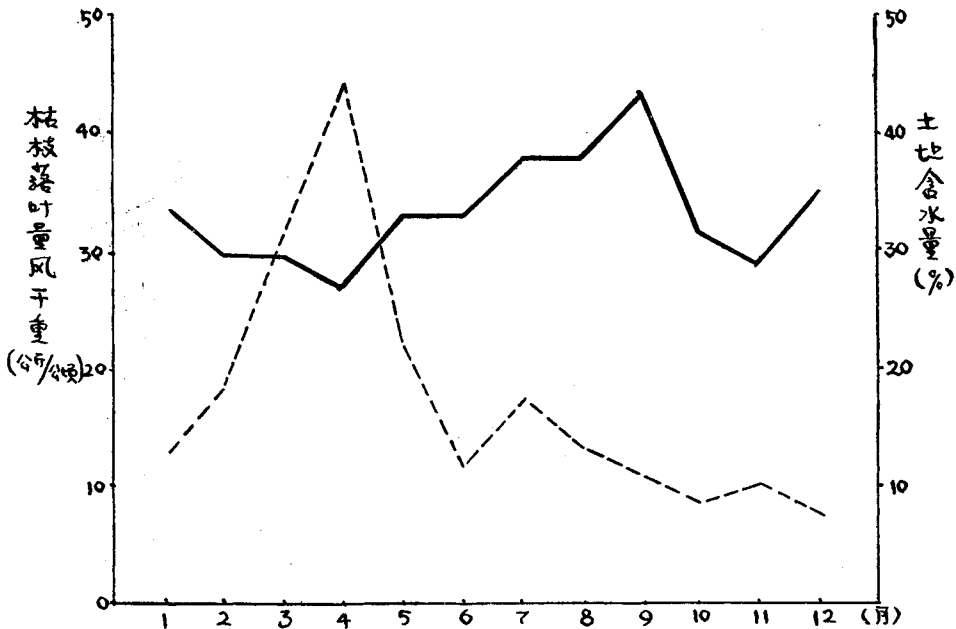


图7 雨林植物枯枝落叶量与土壤水分变化的关系(1959)
 —— 0—40厘米土壤含水量 - - - - 雨林植物枯枝落叶量

四、小 结

根据上述观测资料，初步可得以下几点概念：

1. 热带雨林土系具有良好水分物理性质的土壤。

2. 滇南热带雨林下土壤水分的季节性变化是非常明显的。按其年变化可分为三个不同时期：雨季水分积累和下渗时期（从每年5月至10月）、雾季水分上移和缓慢蒸发时期（11月至翌年2月）和干季水分上移和强烈蒸发时期（从每年3月至4月）。

3. 滇南热带雨林下土壤水分的垂直分布随季节而有异：在雨季水分积累和下渗时期，土壤含水量随深度的增加而减少；干季水分上移和强烈蒸发时期，土壤含水量随深度的增加而增加；雾季水分上移和缓慢蒸发时期与干季水分分布规律相似，但其水分梯度变化的强度及数量远不如干季强烈。按照土壤水分的移动能力、变幅大小和运行特点可将土壤水分的垂直动态分布分为以下三层：0—40厘米，40—150厘米和150—200厘米。

4. 根据连续4年的观测资料看出，在每年5月至翌年2月期间，热带雨林下各层土壤含水量都大大地超过该层的凋萎湿度，其值在田间持水量的80%和田间持水量之间。因此，此期是植物有效水分最充足，植物生长最旺盛和更新幼苗出现量最多的时期。全年中仅在降水极少的3、4两个月中，表层（0—40厘米）才出现接近该层凋萎湿度的含水量。此期由于植物有效水分的供给不足，不仅减缓了雨林植物的生长、降低了林内

幼苗的出现量和雨林植物的叶片含水量，同时也显著地增加了雨林植物的枯枝落叶量。这些都表现出此期的土壤含水量在一定程度上已成为雨林植物生长发育的限制因子。

5. 在天然雨林情况下，雨林植物的高度生长量，叶片含水量和林内的幼苗出现量，均随土壤水分的多寡不同，而呈不同程度的正相关变化；而雨林植物的枯枝落叶量却依土壤水分的多少，而呈一定程度的负相关变化。这些都表明了热带雨林植物对于土壤水分密切相关的特性。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院自然区划工作委员会：中国气候区划（初稿）。科学出版社，1959。
- [2] 中国科学院自然区划工作委员会：中国植物区划（初稿）。科学出版社，1960。