

海南岛尖峰岭半落叶季雨林 生态效应的研究 V. — 土壤水分状况*

刘其汉 李艳敏** 卢俊培

(中国林业科学研究院热带林业研究所)

摘 要

本项研究采用小区对比实验,用电阻法连续5年测定半落叶季雨林及其游耕地的土壤水分含量。据此探讨了不同植被和人为干扰下,褐色砖红壤水分动态以及热带林的水文效应。研究结果表明,100cm土层的年贮水量是垦地>林地≥撩荒地,土壤水分含量随降水、植被的季节变化而变化,而与降水量的相关不显著;森林的水文效应,反映在土壤的含水量上,不一定是增值,而主要是输导、调节。

关键词 半落叶季雨林; 游耕; 土壤水分

一、土壤物理性质及研究方法

(一) 土壤物理性质

试验地的概况已在有关文章中叙述^[1],现着重介绍试验区褐色砖红壤基本物理性质(表1)。

从表1可见土壤水分物理常数的比较:0—60cm土层田间持水量林内(219.6mm)>林外(189.1mm),凋萎含水量(0—40cm)林外>林内,有效含水量应是林内>林外,这是林地土壤具有良好的结构所决定的。

(二) 试验方法

两个处理:林地、垦地(分别垦期、撩荒期)。

五次重复:在试验区不同的地形部位随机设置。

观测深度:0—10、10—20、20—30、30—40、50—60、70—80cm。

观测时间:1979年6月至1984年5月,其中1979年6月至1981年12月为垦期,1982年1月至1984年5月为撩荒期。每月15—18日和20—25日观察,取其平均值。

观测方法:第一年用石膏块电阻值,同时用土钻取土烘干法直接测定含水量,求算相关方程。以后的观测除最早时电阻值误差大仍同时采用烘干法外,只测电阻值换算为含水率,

本文于1987年4月15日收到。

- * 参加本项工作的还有林月娟、李海文和刘京同志。
- ** 李艳敏同志于1983年春调离本所。

再按各层厚度和容重(60cm以下均为B₂层,取用60cm的容重)计算贮水量。随土层不同电阻与含水率的相关方程,经微机处理,均为非线性负相关,选用其相关显著者,列如表2。

表1 褐色砖红壤水分物理常数

处理	土层深度 (cm)	容重 (g/cm ³)	比重	总孔隙度 (%)	田间持水量 (%)	(mm)	最大吸湿量 (%)	(mm)	凋萎含水量 (%)	(mm)
林外	0—10	1.11	2.62	58	27.4	30.4	5.1	5.6	7.6	8.4
	10—20	1.21	2.62	54	22.8	27.5	7.1	8.6	10.7	13.0
	20—30	1.26	2.63	52	22.0	27.7	8.0	10.0	11.9	15.0
	30—40	1.29	2.64	51	26.6	34.4	8.2	10.6	12.3	15.9
	40—50	1.36	2.64	48	25.8	35.1				
	50—60	1.36	2.65	49	25.0	34.0				
	0—60					189.1				
林内	0—10	1.19	2.63	55	26.7	31.8	5.5	6.5	8.2	9.8
	10—20	1.25	2.64	53	22.0	27.4	4.5	5.0	6.7	8.4
	20—30	1.31	2.65	51	27.0	35.4	8.0	10.5	12.0	15.7
	30—40	1.37	2.64	48	30	41.1	8.5	11.0	13.9	17.4
	40—50	1.37	2.64	48	30.4	41.7	9.3	12.7	15.1	19.1
	50—60	1.37	2.61	48	30.8	42.2	10.1	13.8		20.7
	0—60					219.6		60.7		91.0

表2 电阻值与土壤含水量的相关

土层 (cm)	垦地		林地	
	方程	r	方程	r
0—10	$y = 21.78636x^{-0.131795}$	-0.80999	$y = 24.9325x^{-0.115532}$	-0.90613
10—20	$y = 12.07525 + 8.3775 \frac{1}{x}$	-0.62327	$y = 21.20952x^{-0.101107}$	-0.88471
	$y = 17.374591x^{-0.067114}$	-0.48559		
20—30	$y = 21.162857x^{-0.10170}$	-0.79864	$y = 21.414467x^{-0.094501}$	-0.89811
30—40	$y = 13.40688 + 9.03478 \frac{1}{x}$	-0.71230	$y = 21.41377x^{-0.089477}$	-0.89876
	$y = 20.272698x^{-0.107732}$	-0.51869		
50—60	$y = 22.330406x^{-0.134165}$	-0.82414	$y = 20.71262x^{-0.080102}$	-0.88478
70—80	$y = 22.0739x^{-0.09545}$	-0.47846	$y = 19.53788x^{-0.085707}$	-0.72953

二、结果与讨论

(一) 土壤含水量变化特点

土壤水分含量受到多种因子的影响,在同一降水和土壤条件下,影响土壤含水量的主要因素是植被条件和人为干扰状况。现分别叙述如下。

1. 垦地与林地 从图1看出,0—100cm土壤贮水量垦地明显大于林地,旱季、雨季月最为明显,雨季初及雨季末两值较接近。表3更明显地表明了垦地比林地贮蓄更多的水分,

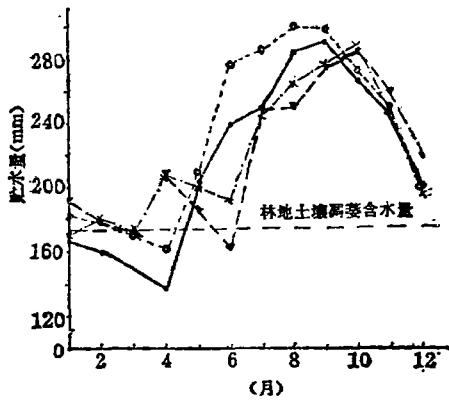


图1 0—100cm土壤贮水量

- 垦地(1979年6月至1981年12月)
 ●—● 林地(1979年6月至1981年12月)
 ×- -× 撩荒地(1982年1月至1984年5月)
 ▼—▼ 林地(1982年1月至1984年5月)

这是由于垦地心土层水分未被利用的结果。从图1还可以看出，1月至4月中旬土壤贮水量低于凋萎含水量，延至4月为最低值，这与大气干旱和半落叶季雨林的落叶现象非常吻合。

从图2A、2B看出，在两季交替的月份(11、5月)，土壤水分变化明显大于雨季和旱季月。由旱季月进入雨季月(5或6月)，降水量突增，而土壤本身经旱季的干缩、龟裂形成许多纵横交错的裂隙，通透性明显地提高，使大量的降水进入并迅速向心土层渗透而使各层土壤水分含量大增。图2中的水分等值线近于垂直向下，垦地和林地都反映了这一特点，其中林地更为突出。进入雨季与旱季交替月(11—12月)，土壤的蒸发、植被的蒸腾，消耗了大量的土壤水分。由于

表3

土壤贮水量(10—100cm)变幅

处 理	最 大 值		最 小 值		平 均 值	
	(mm)	相对田间持水量 (%)	(mm)	相对田间持水量 (%)	(mm)	相对田间持水量 (%)
垦 地	299.1	91.4	162.6	49.1	232.4	71.0
林 地	291.0	75.1	137.2	35.4	217.4	56.7

这时期土壤有效水含量较高，植物的吸收及土壤蒸发较容易，因而在一年里失水最大。林地与垦地土壤水分状况的比较，其趋势虽相近，但林地失水强度及影响深度都超过垦地。这说明林木根系利用了深层土壤水分，而垦地根系分布浅，未能吸收深层土壤水分，表明林地利用水的效率高于垦地。进入雨季后，由于降水不断地补充，土壤水分不断趋向饱和和下渗到更深的土层，含水量缓慢地增加。从图2A、2B中可见，同深度的林地、垦地的土壤水分比较，林地含水量为20—22%，而垦地则为22—24%，说明即使在雨季，林木根系仍在吸收深土层水分以维持生命活动。以0—10cm的土壤含水量比较，林地含水量大于垦地。两种相反趋势的原因，是由于林地表层根系分布少，又有1—2cm厚的凋落物覆盖，土壤蒸发及植物蒸腾作用较小所致，而垦地作物覆盖少，其根系分布于0—20cm土层中，土壤蒸发及植物蒸腾都直接而强烈地影响这一层。旱季土壤水分变化不大，对于林地来说，主要由于在这一时间里植物大量落叶，减少了蒸腾，同时落叶加厚了枯枝落叶层，减少了土壤蒸发而不使土壤过多失水，表层(0—10cm)含水量仍可保持9—10%。旱季的垦地几乎是裸地，表土层进行较强的蒸发失水过程，含水量降低到6—9%，接近或低于凋萎含水量(7.6%)。土表的蒸发对于下层土壤水分影响不大，深土层的水分以水汽的形式扩散到大气中，其过程非常缓慢，从水分等值线间距大小可看出这一特点。

以上可见，“刀耕火种”后，土壤水的变化主要反映在表层减少，全剖面的总贮水量却因蒸腾减少而增加。

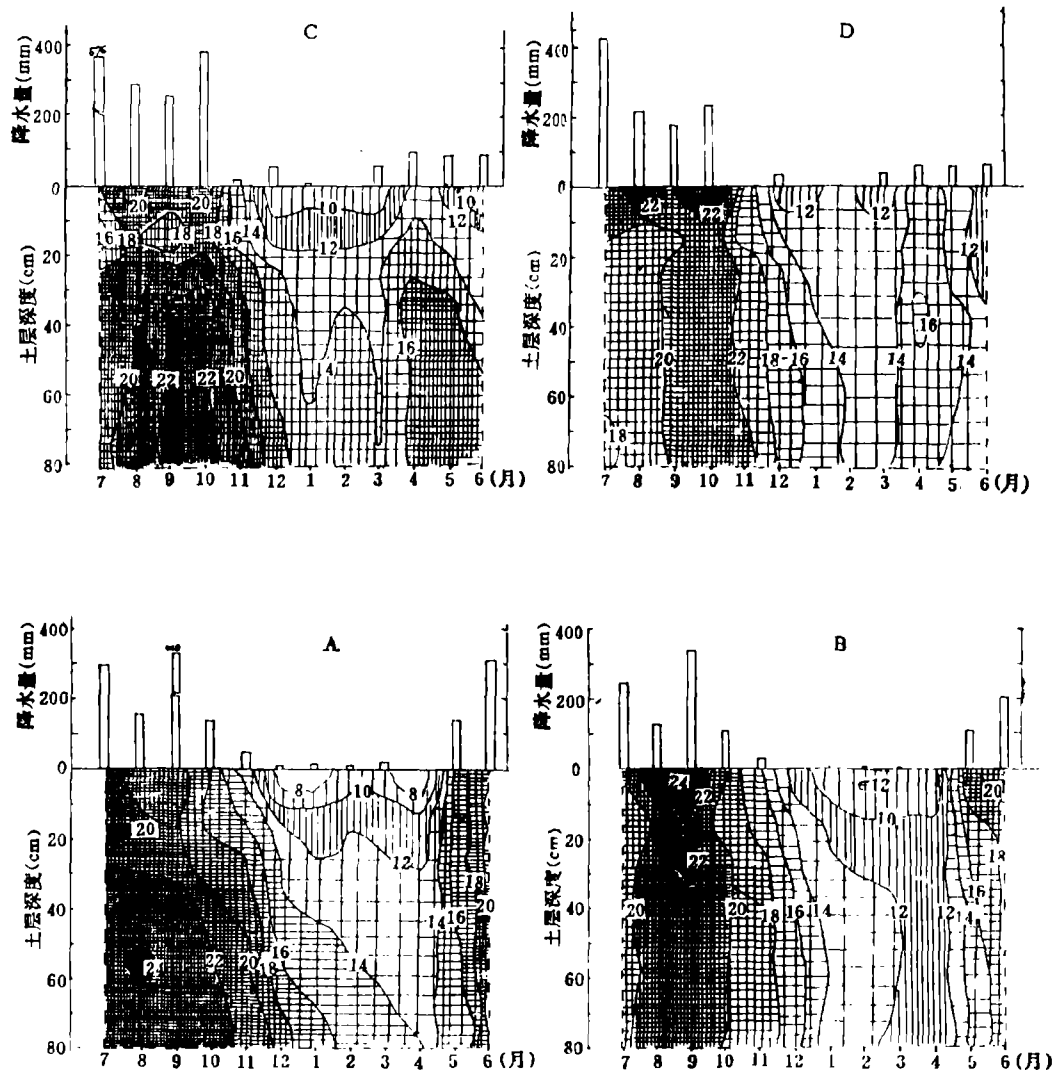


图2 土壤湿度时间等值线

A. 旱地(1970年6月至1981年12月)

B. 林地(1979年6月至1981年12月)

C. 撩荒地(1982年1月至1984年5月)

D. 林地(1982年1月至1984年5月)



2. 撩荒地与林地 撩荒后植被渐渐恢复, 到观察中期覆盖度约80—90%, 主要植物是飞机草和灌木、小乔木, 高1.3—2.5m。

图1 撩荒地与林地土壤贮水量表明: 在0—100cm 土层 贮水量无论在量或月变化上都 很接近。从撩荒地与林地的土壤贮水量(表4)看出, 最大值及年平均值很接近, 但最小值撩 荒地略大于林地。表明林地和旱地土壤贮水量相接近。但从根系分布层(0—30cm)的土壤 贮水量比较(表5)来看, 两者有明显差异, 林地大于撩荒地(比值为1.02—1.26)。表明撩荒

地深层水同样未被植物所利用而贮存较多的水量，表土层和亚表土层出现干燥层。

表 4 土壤贮水量(0—100cm)变幅

处 理	最 大 值		最 小 值		平 均 值	
	(mm)	相对田间持水量 (%)	(mm)	相对田间持水量 (%)	(mm)	相对田间持水量 (%)
撩荒地	289.5	68.5	172.0	52.6	219.3	67.9
林地	283.1	73.1	163.7	42.2	219.5	56.6

表 5 0—30cm土壤贮水量比较(mm)

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
林地	46.7	46.3	44.5	57.6	49.7	41.6	74.7	73.6	77.3	81.8	67.6	53.0
撩荒地	40.7	41.9	42.3	52.2	47.6	40.6	59.9	69.4	66.3	72.4	57.2	41.9
林地/撩荒	1.15	1.11	1.05	1.10	1.04	1.02	1.05	1.06	1.17	1.13	1.18	1.26

表 6 土壤水分变化幅度(%)

(1982年1月至1984年5月)

月 间 之 差		3—2		7—6		9—8		11—10	
处 理	土层(cm)	撩荒地	林地	撩荒地	林地	撩荒地	林地	撩荒地	林地
		0—10	-0.8	-1.8	+8.5	+9.8	-1.9	-1.0	-5.8
10—30	+0.5	+0.1	+4.0	+8.4	-0.4	+1.6	-3.6	-2.2	
30—80	-1.0	-0.7	+4.8	+5.7	+1.7	+1.8	-3.3	-1.3	

林地和撩荒地土壤水分月变化直接受降水的影响，其变化趋势随降水的增加而增加(图3)。表6反映了不同月间及不同深度土壤水分变化幅度的差异：在同一深度，林地或撩荒地土壤水分变化的幅度雨季初及雨季末均大于雨季月间和旱季月间(这一观测年度的雨季延至6月出现)，图2C、2D也反映了这一特点，而且也与垦地水分变化相似。林地和撩荒地土层湿度变化幅度大致有这样的趋势，即随着深度的增加而减少，但也有个别层次间有相反的规律，这与土壤水汽运动方向有关，说明降水或蒸发(蒸腾失水)对深层土壤水分影响次于表层。雨季初土壤水分含量增加的幅度是林地大于撩荒地，说明林木、枯枝落叶及其纵横发达的根系有利于水分的积累和下渗，对降水有较强的缓冲能力。以失水过程为主的旱季初期，其土壤水分变幅，除表土层较接近外(-5.8与-6.1)，其余两层则是撩荒地大于林地，表明土壤失水初期，林地土壤具有减缓失水速率的作用。

综上所述，撩荒后土壤贮水量趋近于林地，但在根系分布层(0—30cm)，则比林地干燥，而底土层水分有所增加。这说明林木对土壤水分有缓冲、调节的功能。

3. 垦地与撩荒地 垦地与撩荒地的植物覆盖度、覆盖空间、根系分布的多度及深度差异很大，这些因素不仅影响着降水的进入及再分配，而且也影响着土壤水分运动及耗水量。通过与林地比值(林地/垦地、林地/撩荒地)的比较，间接地反映了两者的关系(表7)。表土

层(0—10cm),旱季或雨季比值较接近而且均大于1,即土壤含水量林地大于垦地和撩荒地。在旱季10cm以下各层水分比值撩荒地略大于垦地,并且随深度的增加而渐渐减小。这可能是撩荒地在亚表层中有一定的根系分布,吸收了下层水分耗于蒸腾,而这时垦地是裸露地,土壤水分仅以蒸发形式损失,致使下层土壤水分高于撩荒地,雨季各层比值非常接近,这可能与各自的植物覆盖度一致有关(在这一时期,垦地正值种植期,水分来源充足,消耗相当,土壤水量相近)。表7土壤贮水量(0—100cm)比值为:撩荒地(1.05)大于垦地(0.93),即旱季贮水量垦地大于撩荒地,在雨季贮水量的比值较接近,垦地略小于撩荒地,其含水量垦地略大于撩荒地。

图3表明:垦地、撩荒地土壤水分的月变化趋势一致,随降水量的增加而递增;雨季月的土壤湿度明显大于旱季月的湿度,其变化幅度最大值都出现在雨季初及雨季末,而其旱季、雨季变幅则较小。

(二) 土壤水分的垂直分布

从图4看出,湿度随深度变化的趋势相近,按水分变化幅度大致划分为两层:0—30(40)cm为受蒸发、蒸腾、降水影响活动层,30(40)—80cm为影响较弱的平稳层。前者土壤水分含量变幅大,易随降雨而饱和和下渗或随旱季而干旱,易出现凋萎含水量;后者变化幅度小,且随深度递增其含水量趋于稳定,少受植被及季节性变化的影响。

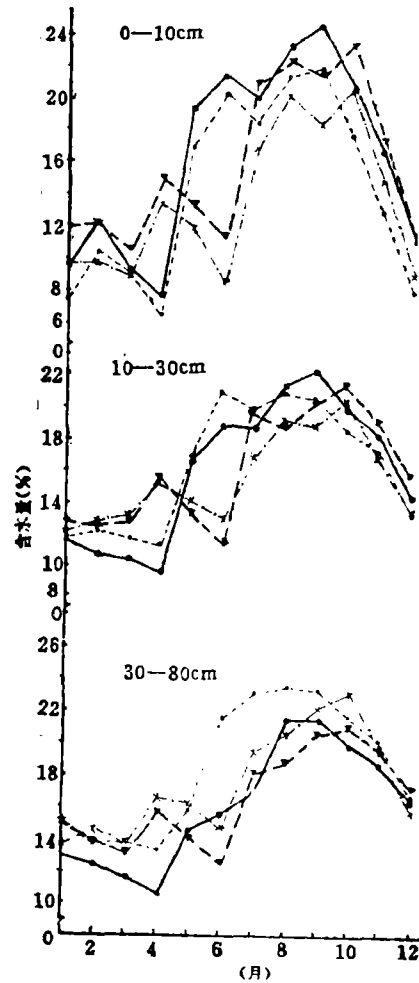


图3 土壤水分月变化

- 垦地(1979年6月至1981年12月)
- 林地(1979年6月至1981年12月)
- ×---× 撩荒地(1982年1月至1984年5月)
- ▼---▼ 林地(1982年1月至1984年5月)

表7

各层土壤水分比值

季 节	旱 季						雨 季						0—10cm 土层贮水量	
	6—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	6—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	旱季	雨季
林/垦	1.20	0.98	0.96	0.98	0.91	0.83	1.10	1.03	0.97	0.92	0.87	0.86	0.93	0.94
林/撩	1.20	1.09	1.03	1.01	1.02	0.98	1.17	1.08	0.97	0.92	0.89	0.91	1.05	0.96
差 值	0	0.11	0.07	0.03	0.11	0.15	0.07	0.05	0	0	0.02	0.05	0.12	0.02

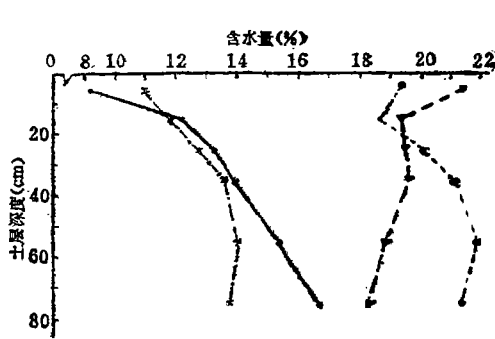


图 4(a) 土壤水分垂直分布

(1979年6月至1981年12月)

●—● 垦地(旱季) ○—○ 垦地(雨季)
 ×—× 林地(旱季) ▼—▼ 林地(雨季)

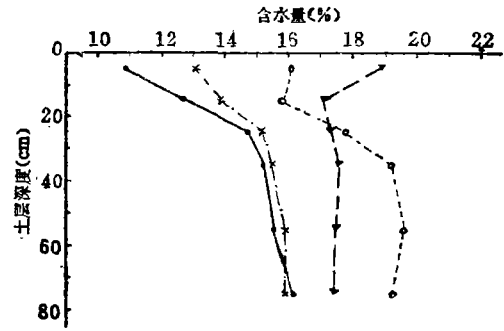


图 4(b) 土壤水分垂直分布

(1982年1月至1984年5月)

●—● 撩荒地(旱季) ○—○ 撩荒地(雨季)
 ×—× 林地(旱季) ▼—▼ 林地(雨季)

土壤水分垂直分布在季节间有明显差异。旱季是一个蒸发(蒸腾)失水的过程,土壤含水量随深度的增加而增大(图4)。各土层土壤含水量极值之差,以垦地最大(9.2—16.8%),撩荒地次之(10.9—16.2%),林地最小(1.8—1.9%),说明这一时期土壤水分受强烈蒸发和蒸腾的支配,土壤水分运动由下而上,仅靠土壤蒸发对深层水分消耗是有限的,林地土壤水分在较深土层中同样受蒸发和蒸腾作用的影响,有相当一部分被根系吸收并蒸腾。证明同一深度土壤水分含量是林地明显小于垦地和撩荒地。雨季土壤水分分布受降水、下渗及蒸发、蒸腾的共同支配,其分布特点与旱季不同,雨季降水不断补充在表土层(0—10cm),使其含水量较高,尤以林地最高(图4)。在10—20cm土层中,因根系的吸收及下渗作用,各处理水分含量为全剖面的最小值。30cm以下,垦地、撩荒地变化趋势一致,水分随深度的递增而增加,50—60cm土层为最大,而后减少,表明30—60cm土层水分以积累过程为主。这除了与生物因素有关外,还与相当于发生层的B层的结构紧实、粘重、保水能力强、水分下渗量少有关。而林地则有所不同,在30—80cm土层,水分变化表现为随深度缓慢递减,归因于林木根系的吸收及土壤的穿透而改善了土壤结构,加速了土壤水分的下渗。这一现象与林地心土层渗水量大于垦地是一致的。

(三) 土壤贮水量与降水的关系

降水是土壤水分的主要来源,降水量的大小及过程,在一定程度上影响着土壤贮水量,但土壤贮水量并非单一受降水的影响,它同时受到多种因素影响。我们在相关性分析中证明了这一点,它们与降水量不是呈简单的直线关系;差异显著性检验表明,垦地与林地直线关系不显著,而撩荒地各层贮水量与降水量除10—20cm土层达显著相关外,都呈极显著的正相关。林地土壤的渗透量大于垦地和撩荒地,大量的入渗水下渗更深土层。在雨季半落叶季雨林生长旺盛,蒸腾作用加强,消耗大量的水分,而在旱季因落叶而减少蒸腾,它对土壤水分变化起着缓冲调节的作用,进一步影响贮水量随降水量而增加的相关性。另外,凋落物层覆盖土表,减少了土壤蒸发,同时吸收大量的降水。据 Mader 与 Lull 报道,在美国五针松林分下,厚6.4cm的枯枝落叶层最大贮水量约10mm^[2]。这样,凋落物层对于贮水与降水的反应也产生缓冲作用。垦地几乎是裸露地,大量的降水以地表径流形式流走,进入土壤少,在表土层受强烈的蒸发作用而变幅大;在深层,水分达一定值后保持相对稳定,受降水及蒸

发的影响较小。这些因素均导致与降水的相关性差。撩荒地与上述两处理不同,土壤贮水量与降水量有极显著的相关,这似乎归因于撩荒地有一定的覆盖度,地表迳流量相对减少,进入土层的水分有所增加,说明撩荒地具有适中的蒸发和蒸腾作用。总之,土壤贮水量与降水的关系是复杂的,贮水量的变化同时受多种因素的影响,它们之间的关系有待进一步探讨和研究。

三、结 语

1. 根据五年观测结果认为,褐色砖红壤 100cm 土层的贮水量,垦地大于撩荒地和林地;0—30cm 土层,林地明显大于撩荒地;其余土层林地小于撩荒地。

2. 各层土壤贮水量与降水量的关系:垦地与林地相关性不显著;撩荒地呈极显著的正相关。

3. 土壤含水量的季节性变化雨季大于旱季;雨季初、末变化强烈,雨季、旱季间变化幅度小。

4. 土壤水分垂直分布的季节性差异:在旱季垦地与撩荒地随深度明显增加,林地则增加较小。土壤水分垂直变化大致划为两层:0—30(40)cm 受水分收支影响的活动层,30(40)—80cm 和受水分收支影响较弱的稳定层。

5. 森林的水文效应反映在土壤的含水量上,不一定是增值,而主要是输导、调节。

参 考 文 献

- [1] 卢俊培等, 1981, 海南岛尖峰岭半落叶季雨林“刀耕火种”生态后果的初步观测, 植物生态学与地植物学丛刊, 3(4)。
- [2] Mader, D. L., and Lull, H. W., 1968, Depth weight and water storage in whight pine stands in Massachusetts, USDA Forest Service Res. Paper NE-119. Northeastern Forest Experiment Station Upper Darby.

ECOLOGICAL EFFICIENCY OF THE SEMI-DECIDUOUS
MONSOON FOREST AT JIANFENGLING, HAINAN
ISLAND V. SOIL MOISTURE

Liu Qihan Li Yanmin Lu Junpei

(The Research Institute of Tropical Forestry CAF)

Abstract

Studies were carried out in the semi-deciduous forest and the shifting cultivation land where the soil water content through plot contract experiments had continually been measured with electric resistance method for 5 years. According to the observation, the moisture dynamics of brown laterite and the hydrological effects in the tropical forests under different vegetations and human's interferences were given in this paper. The result showed that the annual water storage in 100cm soil layer is as follows: cultivated land > forest land ≥ bush fallow, and the soil water content varied with the seasonal change of rainfall and vegetation but it has no significant correlation with rainfall. The hydrological effect is not at all in certain increase of soil water content but mainly in water transportation and regulation.

Key words: semi-deciduous forest; shifting cultivation; soil moisture