

020122

热带地区人工多层多种 植物群落的初步观察

(应用群落学总结材料之一)

云南省热带植物研究所

(应用群落学组)

内 容 提 要

本文系我所开展的“应用群落”研究工作的部份总结。

文中引用我所十余年来关于该项工作的若干实验结果及具体数据，系统地讨论了人工多层多种植物群落在提高光能利用，改善降雨的利用状况以及保持、提高土壤肥力等方面的作用及意义。讨论了植物种间（地上部及地下部）的相互关系。阐述了人工多层多种植物群落在合理开发热带地区的意义及作用。

* * *

为了探索和研究植物群落学在合理开发热带地区上的应用，以更好地为热带农林业生产服务，1959年以来，我所开始了人工多层多种植物群落的研究工作。将不同的经济植物（作物）按其对环境的要求，以及利用它们相互关系中对人类有利的一面，组成一定的多层次、多种类植物的人工群落配置，充分而合理地利用热带地区丰富的光、热、水、土等自然条件，提高劳动生产率及单位面积的有用物质生产量。

热带天然群落的最大特点是它的多层性（层次多至5—7层）和多种性（仅大勐龙一个数百亩的林地，即有106科，243属，306种植物）。这种多层多种的特性，是与当地丰富的自然条件（气候资源、土壤资源及生物资源）长期互相适应的结果。天然群落的多层多种特性及其规律性，为人工多层多种群落提供了科学依据。

毛主席教导我们：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种客观规律性的认识去能动地改造世界”。多层多种人工群落的研究目的，即在进一步探索群落学利用于农林业生产的途径，把天然群落中的客观规律，合理地应用到栽培群落中来。

由于多层多种人工群落的研究，是植物群落学中的一个新领域，开展研究工作中，多年来又受到刘少奇一类政治骗子的“左”右干扰，使我们有的工作做的不够深不够

透彻。现仅就十余年来得到的一些初步结果，作一小结，提供生产及进一步研究时参考。

我们以三叶橡胶林作为研究的主要对象，用它作为多层多种人工群落配置的第一层，并以云南大叶茶、金鸡纳、萝芙木、可可、肉桂、三七等热带亚热带经济作物，以及其他一些短期作物作为下层进行实验。

为了叙述的方便，我们将试验结果分为下述四个部分进行讨论。

一、太阳光能在时间及空间上的合理利用

太阳光能（太阳辐射）是地球能量的重要来源，也是植物最重要的生活条件之一。充分合理地利用太阳光能，是提高单位面积产量的重要途径。

滇南热带雨林下层的光照强度，只有旷地的4—8%（不同季节分别为：雾季7.8%、干季7.9%、雨季中期8.2%，雨季末期4.5%），在这样阴暗的条件下，据曼养广“龙山”六个样方的统计，仅草本植物就有茛蕨（*Pleocnemia leuzeana*）等35种。这就提示了我们，多层多种人工群落的配置，是提高光能回收利用的有效方法。

为了探索某些热带经济植物能否在比较阴暗的环境下生活，对多层多种人工群落的配置做好必要的准备。我们对云南萝芙木、云南大叶茶、咖啡等进行了遮光试验，试验结果证明：

1. 云南萝芙木（*Rauwolfia yunnanensis*）在50%的相对光强下，植株的根、茎、叶的生长及产量以及根部生物碱含量都比旷地要高（图1 A、B）。

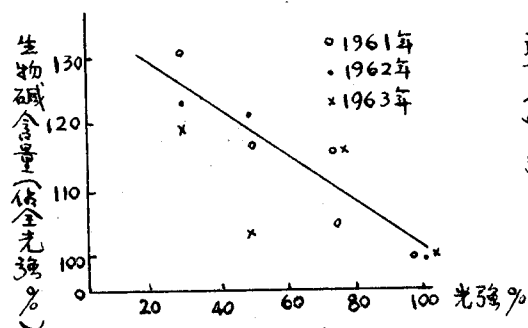


图1.a 在不同光强下萝芙木植株根部生物碱含量变化情况

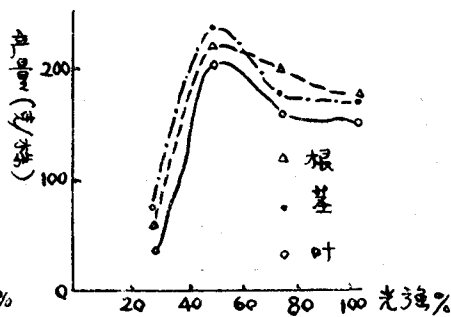


图1.b 在不同光强下萝芙木植株根、茎、叶产量变化情况

2. 云南大叶茶在人工荫蔽下其植株生物学产量（根、茎、叶）以80%的光强下最高（图2, 3.）。

3. 咖啡人工荫蔽试验证明，在适当遮光条件下（即在40—80%的光强度下）植株的生长最为理想；其茎粗，植株高度，单株叶片干重以及叶面积系数，皆以80%的光强下最高，40%的光强下次之（图4.）。

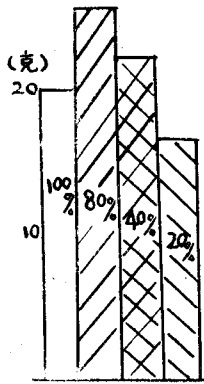


图2 云南大叶茶在不同光照下植株生物产量变化(干重)

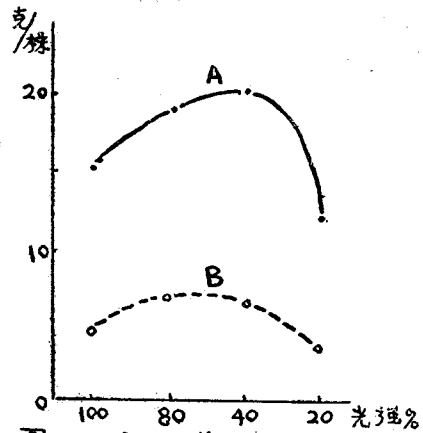


图3 云南大叶茶在不同光照下叶产量的变化情况(鲜重A,干重B)

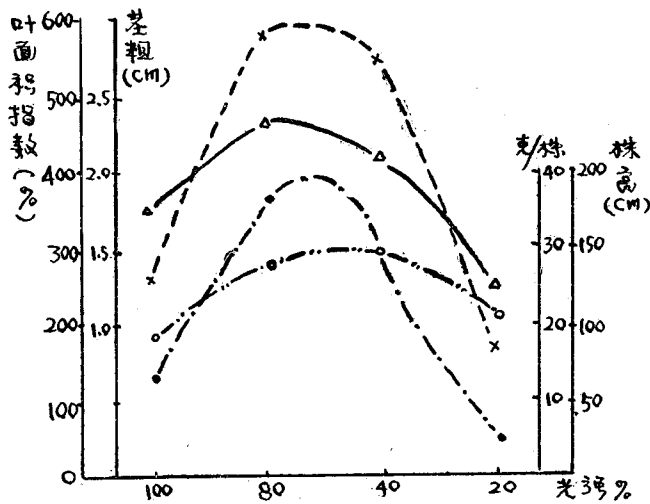


图4 小粒咖啡在不同光照下生长变化情况

x---x 叶面积指数 △——△ 茎粗 ○····· 株高 ·-·-· 单株叶重

上述云南罗芙木、云南大叶茶、小粒种咖啡的人工荫蔽试验的一系列结果说明，这些植物它们生长所需要的最适光照强度，并不是在100%的不遮光条件下，而是适宜生长在一定的荫蔽条件下。这就表明：从光照条件看，上述这些植物，完全可能在橡胶林的荫蔽下生长的。

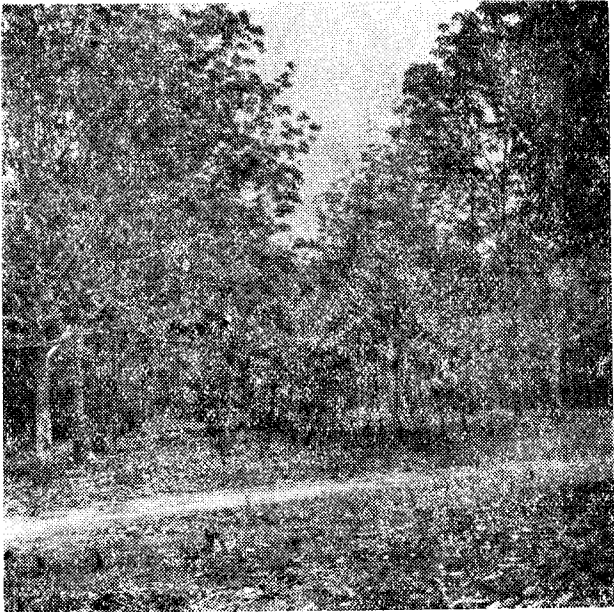
我们进一步将上述及其它一些经济植物种植到橡胶林下进行实验，观察它们的生长量及产量，其结果如下：

1.种植在橡胶林下的云南大叶茶，定植后两年，每亩橡胶地（约等于纯茶叶地0.3亩）间种的茶树即可收到干茶叶27市斤，以后2—3年仍可保持在25市斤左右，7—8年生胶林完全郁闭后，每亩橡胶林仍有10市斤以上干茶叶的产量。（照片一）



照片一
胶林下的茶叶

2.定植在橡胶林下的金鸡纳，三年生苗其根干皮的产量及其奎宁的含量，除了全荫蔽的林下外，30%以上的光强都比林外旷地的产量高，而在半荫蔽胶林下最高（表一、照片二）。



照片二
林下的金鸡纳

表一

不同光照条件下金鸡纳产量及奎宁含量的关系

处 理	三 年 生 苗					五 年 生 苗	
	单株主 干根皮 重(克)	奎宁含 量 %	单株奎 宁产量 (克)	每亩产奎宁量 (按110株/亩)		单株茎 干及根 皮产量 (克)	亩 产 (公斤)
				产 量 (克)	占对照 %		
全光照(旷地)	117	4.22	4.9	539	100	—	—
50—60光强(胶林下)	123	6.28	7.7	847	159	922	101.46
30左右光强(胶林下)	105	5.17	5.4	594	110	547.9	60.3
5—10光强(全郁闭胶 林下)	29	3.32	0.9	99	18	402.7	44.3

3. 定植于橡胶林下的云南罗芙木，两年半及七年生(照片三)的干根产量如表二。

表二

橡胶林下云南罗芙木根部产量表

(干重)

产 量	2.5 年 生 苗				7 年 生 苗
	高 产	中 产	低 产	平 均	平 均
平均单株(公斤)	0.149	0.104	0.081	0.111	0.476
每亩胶林产量(公斤)	131	91.5	71.0	97.8	524.2



照片三

胶林下的云南罗芙木

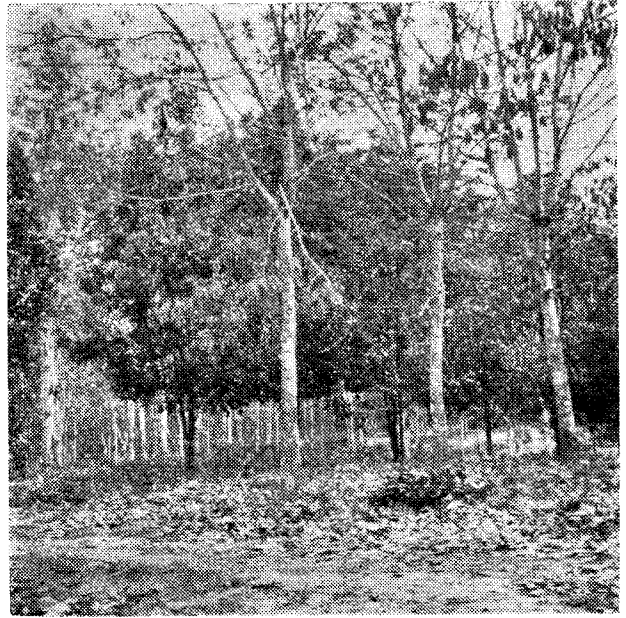
4. 定植在橡胶林行间的肉桂，十二年后，胸高茎围达63公分，每株可产干桂皮6.16

公斤，按橡胶以篱笆式栽种，每亩可间种肉桂11株，12年后采收，每亩可收桂皮67.7公斤（照片四）。

5. 定植于橡胶林下的可可、咖啡，八年来仍能正常开花结果。

从上述一系列的结果证明，许多种热带经济植物，完全可以在橡胶行间及其树荫下正常生长，其中云南大叶茶、金鸡纳、云南萝芙木等，在一定的荫蔽条件下，其产量或有效成份的含量反比林外旷地为高，或差不多。

这些经济植物能在橡胶林下生长，从光能的利用上来看，因为它们树冠所占据的空间，是橡胶树冠的下面（即下层），它们将透过橡胶树冠的光能，进行再利用，因此，多层多种的橡胶林地，比单层单种的橡胶林地，在太阳光能的空间利用上就更为合理。



照片四 胶林下的肉桂

太阳光能，除了有空间的合理利用问题外，在时间上也有合理利用问题。

太阳光能在时间上的合理利用，是植物群落学上同样也是生产上一个很有价值的问题。

橡胶幼龄间作，和其他经济林木的幼林间作一样，是为了充分利用橡胶幼龄时期，植株小，林地太阳光能除被橡胶小苗吸收了一小部分外，大部分都没有被利用，因此进行幼龄间作，是光能在时间上合理利用的有效措施。这个方法，劳动人民在生产实践中有着许多成功的例子。诸如各地的林粮间作的经验，果粮间作的经验，茶粮间作的经验，举不胜举。橡胶林的林粮间作问题，在我国各个橡胶垦区，都有许多成功的经验，本文对此不再赘述。

天然群落中，由于植物之间长期共同生存，产生了对光能在时间上合理利用的现象：植物（特别是林下植物）通过其生长发育节律的重新调节，适应林下光照在时间上的变化，更多地吸收太阳光能以满足生长发育的需要。

滇南林下的小灌木云南萝芙木，在无荫蔽的栽培情况下，雨季（6—8月）生长量最高；但在天然林内则以干热季（3—5月）生长量最高。这一变化的原因是什么？我们将天然林内上层树种的凋落物量（主要为落叶）的季节性变化，与萝芙木生长的季节性变化作了对比，恰好在上层植物落叶量最多的季节（即林内光照最大的季节），正是萝芙木生长量最大的季节（图5）。云南萝芙木的生长量在林内、林外的这种变化，是天然群落在时间上合理利用光能的结果。

热带雨林各种植物通过自身生长发育的调节，在时间上充分利用光能的现象，我们

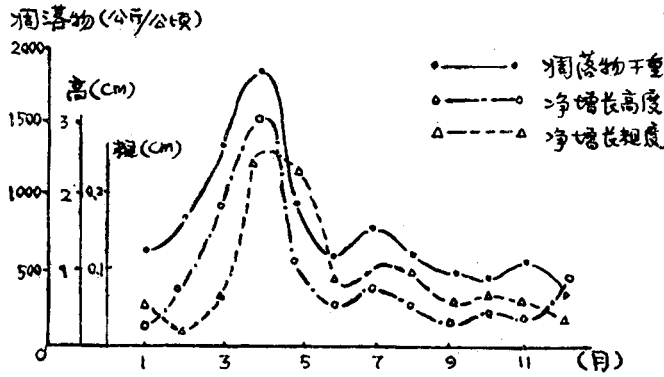


图5 群落凋落物量与芭茅木生长量之间的关系

在人工多层多种群落中也得到了应用。

栽培在橡胶林下的云南大叶茶，由于受橡胶（上层树种）落叶的影响，从1966年至1968年的春茶产量，极为明显的高于林外的产量（高达数倍之多）（表三），这显然是由于春季橡胶大量落叶，使得林下茶叶得到了暂时充分光照的结果。

表三 橡胶林内、外茶叶产量比较表

年份	季节处理	春 茶		夏 茶		秋 茶		备 注
		林 内	林 外	林 内	林 外	林 内	林 外	
1966		21.2	2.9	29.2	22.8	13.5	24.5	68年秋季缺产
1967		123.0	21.1	140.8	91.4	62.4	69.1	
1968		234.6	97.5	49.9	169.4	—	—	
合 计		378.8	121.5	219.9	283.6	75.9	93.6	
平 均		126.3	40.5	73.3	94.5	37.9	46.8	

（产量为每株产鲜叶量克，橡胶1961年定植，茶叶1964年定植）

我们进一步看看栽培在橡胶林下及林外茶叶产量的各月变化（图6）就可以看出，林内的茶叶产量是三月份最高，三月下旬后，橡胶枝叶逐步抽发，茶叶的产量亦即逐步下降，直至十一月份下降到最低，呈曲线下降。林外则成为一抛物线，高峰出现在雨季盛期七、八月份。春茶是商品茶叶中价值较高的，所以林下栽茶有明显的经济优点。

从林内外这一产量变化曲线的明显差异，看出了影响林内外产量的限制因子是不相同的。雨季盛期七、八月份林外产量达到最高峰，说明限制林外产量的主要因子是水份。而林内茶叶产量最高是在干季橡胶落叶最多的三月份（也就是林内光照最好的月份），说明了林内茶叶产量的限制因子已经不是水份而是光照了。这种植物本身随外界环境因子的变化而相应地在生长上的变化，给人们在充分利用光能的问题上创造了良好的条件。

根据我们调查，西双版纳地区的农民，他们在时间上合理利用光能方面，也有着丰富的经验。例如他们经常将南瓜、香瓜等瓜类与玉米及早稻间作。这些瓜类在早稻及玉米的荫蔽下，进行着正常的营养生长，但开花结果很少，一旦玉米或早稻收获后，在充足的阳光照射下，香瓜及南瓜就迅速地转到生殖生长的阶段，一片早稻或玉米地很快就变成了一片结果累累的瓜园。优乐族农民，在播种玉米的同时播下一定数量的紫胶虫寄主树三叶豆，这些三叶豆第一年在玉米植株下生长，不必加以管理，玉米收获后至第二年，三叶豆得到迅速生长，很快就达到了放养紫胶虫的要求。这都是劳动人民在时间上充分利用光能的实例。

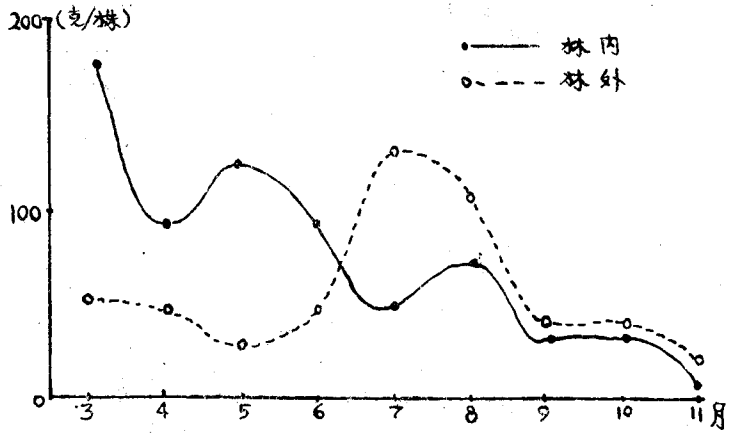


图6 1966-1968年林内林外茎叶各月产量变化情况

上述一系列的实验及调查结果说明：通过人工群落的多层配置，增加太阳光能的利用率，在理论及实践上都是很有意义的。一方面参照植物的耐荫能力，进行合理的空间生多层配置；另一方面根据植物的生长发育节律及其随环境条件而起的变化，以及各个长发育阶段对光照的不同要求，进行合理的时间的交错配置，这是人工群落研究中一个重要的问题。

上述一系列的实验及调查结果说明：通过人工群落的多层配置，增加太阳光能的利用率，在理论及实践上都是很有意义的。一方面参照植物的耐荫能力，进行合理的空间生多层配置；另一方面根据植物的生长发育节律及其随环境条件而起的变化，以及各个长发育阶段对光照的不同要求，进行合理的时间的交错配置，这是人工群落研究中一个重要的问题。

二、水份的合理利用

水份是植物正常生活中的重要条件之一，保证不断地充分地供应植物的水份和溶解肥料的需要，是获得高产的一项重要措施。

降雨是植物水份供应的重要来源，然而一个地区的降雨，经常是大量地变为无效消耗，甚至造成严重的水土流失，江河泛滥，带来严重的后果。因此，研究一个地区降雨的合理分配，是个极为有价值的工作。

植物群落(包括人工群落)是决定降雨分配利用的重要环节。降雨达到地表后，它的分配利用情况大致可以分为：①有效消耗(主要是植物可以利用部份)，②无效消耗(主要是地表蒸发及地下迳流部份)，③破坏性消耗(主要是地面迳流部份)。如何通过植物群落的配置，增加有效消耗部份，降低破坏性消耗及无效消耗，是植物群落学研究的一个重要内容。

滇南热带是多山的地区，雨量大而集中，因而降雨造成的水土流失是十分严重的，减少水土流失，是合理用水的一个重要组成部份。

我们进行了连续三年的定位观测，看到了地表植被状况是影响水土流失的重要因素：(表四)

不同植被复盖水土流失比较 (1962年——1964年三年平均值)

项目 数量	降水量	冲刷量 (公斤/亩)		径流量 (毫米)		径流系数 (%)		径流次数		土壤养分流失量							
		总计	比值	总计	比值	总计	比值	总计	比值	全氮 (公斤/亩)	有机质 (公斤/亩)	速效磷 (克/亩)	速效钾 (克/亩)				
荒坡钽草小区 (杂草复盖)	1383.1	1179.4	847.4	114.7	14.2	51.7	17.8	54.6	1.592.5	333.3	346.35	258.12	14	301.4	160.1	681.3	
坡地农作物 旱稻 (62, 63年) 黄豆 (64年)	同上	2577.2	758	86.4	10.7	31.5	10.9	52.3	1.524.33	577.3	379.42	442.28	13	1145.1	222.9	948.5	
热带雨林小区 (干性季节性)	同上	3.4	1	8.1	1	2.9	1	34.3	1	0.0075	1	0.1796	1	0.0071	1	0.235	1

注: 比值以雨林小区为1 地点: 勐崙 坡度: 17.5° 坡向: 北偏东30° 海拔: 690米

表中看出，不同地表植被的覆盖情况，对于水土流失的影响是明显不同的。

荒坡杂草小区，即林地开垦后让其生长自然杂草覆盖，其中以飞机草、革命菜、胜红蓟等为主，并用锄刀将杂草控制在50公分高度（即接近于橡胶行间的管理状况），这个小区的水份流失量为热带雨林小区的14.2倍。而随着水份带走的土壤及土壤中的有效养份更是惊人，每亩每年冲刷量达1,179.4公斤，比热带雨林区高达347.4倍。而坡地农作物小区，由于地表比较疏松，水份流失较荒坡杂草小区低一些（占75%），但地表疏松的结果，随着而来的就是土壤大量严重流失，其冲刷的土壤量，达到热带雨林的758倍。换句话说，即在无水土保持措施上开荒种植旱稻黄豆等作物，一年的水份流失等于森林地的10年，而一年冲去的表土，则等于森林地的750年。由于冲走的部份是土壤肥力最好的表土层，因此随着土壤带走的养份，更是大得惊人，如以农作物小区来看，冲走的全氮为森林地577.3倍，有机质为442倍，速效性钾、磷甚至为一千倍左右。

上面一系列观察说明：

①在现有耕作制度下，滇南地区的水土流失问题是严重的。

②地表植被状况是影响水土流失量的主要因子。

③多层多种热带雨林植被，将水土流失量降低到很低的限度，这是由于热带雨林对降雨层层阻截的结果。人工多层多种群落，由于植物层次加多，同样可以取到层层阻截降雨的作用，进而降低水土流失（破坏性消耗），增加有效消耗，使大量的水份都渗入到土壤中，供植物逐步利用。

滇南热带地区的降雨，存在着季节上的明显差异，而雨量的80—90%集中在雨季，有将近半年左右的时间处在无雨或少雨的状况，但热带的天然森林（热带雨林），在干季并未明显地出现缺水的象征，不论在雨季或干季，绝大部份的植物成员，都表现出一片繁茂的景象，这显然是天然群落对降雨在时间上的合理调济利用的结果。

我们将热带雨林下全年的土壤含水量的变化与旱稻地的变化作了比较（图7），旱稻地在雾季的一段时间，土壤含水量明显地高于林内，这一方面是由于十一月份以后旱稻已经收获，没有植物消耗水分，而更重要的是雨季后天然群落仍然旺盛生长而充分用水的结果。但到了干热季，由于温度加高，空气湿度降低，这时裸露的旱稻地就加大了土壤水份的蒸发，造成水份大量的丧失，而林内则由于荫湿的森林小气候的影响，减少了土壤水份的蒸发，因而图7中干热季的两条线就比雾季靠近得多，这说明多层多种天然群落合理用水的一种情况。

我们又对三叶橡胶林与林外旷地的全年土壤水份状况作了比较，在一公尺土层的土壤贮水量，林内比林外年平均高18.2毫米（占6.3%），这说明了橡胶林本身也存在着似天然林合理用水的一些特性。

有人耽心在橡胶林下间种了其他作物后，由于层次及种类增加，会造成与橡胶争水争肥的矛盾。现在让我们先从水份问题上看一看多层多种橡胶林地“争水”的矛盾。一块林地植物层次及种类增加，对水份的消耗必然也增加，但如前所述，多层多种的植物群落，可以大大的减少了水份的破坏性消耗（迳流）和无效消耗（土壤蒸发），这种减少的部份大于增加层次及种类而增加的水份消耗部份，因此人工群落的层次及种类的增加，不仅不会加大“争水”的矛盾，相反地却缓和了这个矛盾，改善整个植物群落的水份状

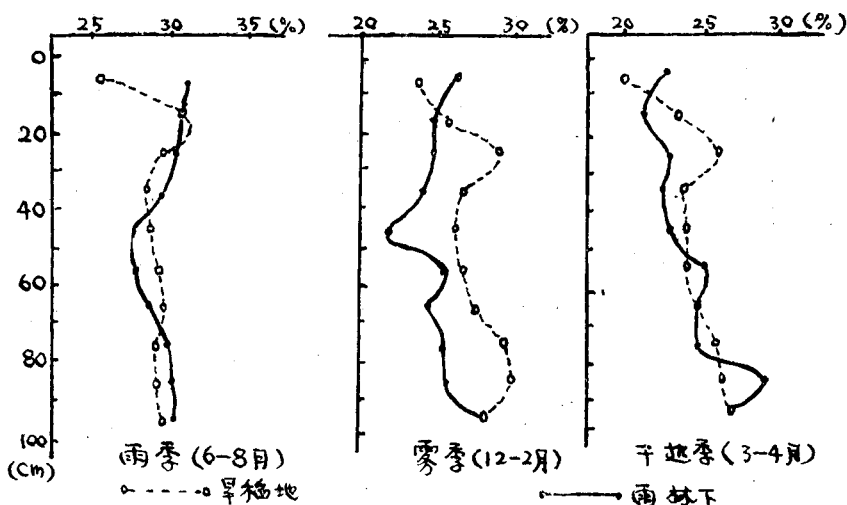


图7 雨林下及早稻地土壤含水量的季节垂直变化

况。这个论点，对于我们从合理用水的角度进行人工群落的配置问题是十分重要的。为了进一步证实这个论点的可靠性，我们将单层单种的人工群落与多层多种的人工群落，它们在干季（3.4.5.月）也就是水份供应最差的季节，各种植物的产量的变化情况进行比较，进一步验证了上述论点。现在先来看看橡胶林下及林外的茶叶在干季（3—5月份）的产量变化（表五）。

表五 橡胶林内及林外茶叶产量（3—5月）变化情况

产量项目 日期	林内	林外	备注
1966.3.22	16.0	0	产量按单株产鲜叶克重
5.17	5.2	3.0	
1967.4.19	10.4	0	
5.9	51.0	10.7	
1968.3.8	44.0	18.0	
3.30	41.0	11.0	
5.3	25.0	21.0	
5.28	6.2	1.3	
合计	198.8	65	
林内占林外百分率	306	100	

从上表资料明显看出两个问题：

① 3—5月份橡胶林下的茶叶产量明显地高于橡胶林外的产量，比例为306%。

②橡胶林下的采收期66—67年比林外的采收期大大提前，66年提前56天。67年提前21天。

为什么在干热季节，橡胶林内茶叶的产量明显的高于林外，而时间又较林外为早？这说明橡胶及茶叶的两层林地，比单纯种植茶叶的林地，除去光照差异因素外，有着更好的水份条件。

再来比较一下橡胶单层林地和橡胶多层多种林地（三层三种，即橡胶、樟脑、茶叶林地），全年橡胶产量的变化情况，两者的差异不大（见表六），但季节性的变化是明显的：雨季来临以前，三层林地的干胶产量明显的高于单层林地，雨季到来以后，差距逐步缩小，至雨季过后，单层林地又高于三层林地。三层林地及单层林地的干胶全年产量的这一变化情况，是明显的受到了林内水份条件的影响。三层林地在干季能有这样高的橡胶产量，也是由于三层林地在干季比起单层林地有着更多的水份供给橡胶树需要的结果。

表六 三层林地与单层林地各月单株平均干胶产量变化（1972年）

产 量 林 地	月 份								合 计	平 均
	4	5	6	7	8	9	10			
三 层 林 地 (橡胶、樟脑、茶叶)	0.49	0.54	0.23	0.14	0.20	0.24	0.30	2.14	0.31	
单 层 林 地 (对照)	0.30	0.52	0.21	0.13	0.22	0.30	0.37	2.05	0.29	
三层占单层的百分比	163	104	110	108	99	80	81		107	

（产量为每月单株产干胶公斤数）

我们再看两层林地即橡胶林下种咖啡，橡胶林下种可可、橡胶林下种茶叶、橡胶林下种萝芙木，以及不间种的单层橡胶林地干季胶乳产量变化情况（表七），从表七可以看出：两层林地胶乳产量明显的高于单层橡胶林地，这也证明了两层橡胶林地干季的水份状况，比单层林地好得多。

表七 两层林地与单层林地干季（5月）胶乳产量比较表（1968年）

林 地	橡胶咖啡	橡胶可可	橡胶茶叶	橡胶萝芙木	橡 胶 (对照)
每刈次单株产量(克)	51.3	48.3	50.0	55.0	41.7
占对照产量百分比	123	116	120	132	

从上述一系列实验数据可以明显看出：无论是天然的或人工的多层林地，它们比起单层单种林地来，在水份的合理利用方面有着如下优点：

- ①大大降低破坏性消耗（水土流失）和无效消耗而相对增加了有效消耗。
- ②在一定程度上改善了滇南地区由于雨量分配不均匀而造成的干湿不均现象。相对

增加了干热季对植物的水份供应。

因此，从充分合理的利用水份（降雨）的角度，即可能减少降雨的破坏性消耗及无效消耗而更多的增加有效消耗来看，多层多种的人工群落是有效的途径之一。

三、土壤肥力的保持和提高

滇南热带地区具备着肥沃而深厚的土壤条件，据分析，热带雨林下有机质及全氮都很高，一公尺深的土层中，每亩有机质含量达37,050公斤，全氮达2,550公斤，若按市售20%的硫酸铵计算，每亩全氮即折合硫酸铵12,750公斤/亩公尺。这样高的含氮量可供一般作物消耗数百年之久，这是一项极为宝贵的自然资源。

植物群落中土壤养份的收支情况是决定群落盛衰的重要条件，热带雨林群落生长发育繁茂，反映出群落物质交换转化过程的合理性。据在滇南热带雨林三年的观测结果，植物有机残体每年平均有10.94公吨/公顷返回到土壤中，其灰分物质总量有2.24公吨/公顷，其各种元素见表八。比如大量的各种元素经过植物有机残体回到土壤，供应着植物生长发育的养分需要，这就是自然群落的天然施肥过程。研究这种施肥过程的规律，并将其应用到人工群落来，是群落学研究的又一主要课题。

表八 各种元素通过植物有机残体回到土壤中的数量表

元素名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	N
量 公斤/顷·年	1131.6	117.6	145.6	177.3	111.6	38.3	16.4	8.0	41.6	163.1

滇南热带由于温度一年四季都比较高，因之土壤有机质分解迅速。据对大叶白颜树等七种植物凋落物的分解速度进行测定（见表九），即使在温度较低的季节，一般经过

表九 几种热带雨林植物凋落物的分解速度（10—12月）

植物名称	100天后 (10.17—1.25)	经120天 (10.17—2.22)	备注
大叶白颜树	31.4	100	皆为分解绝对干物质的百分率
暹罗黄叶树	54.6	86.8	
光叶倒吊笔	100	—	
木奶果	87.2	100	
蕨蕨	22.8	100	
银背巴豆	67.0	100	
山油柑	76.4	100	

100—120天都能全部分解完毕，而在湿热的季节分解就更快了。分解的迅速必须配合迅速的吸收才能减少土壤养分的损失。热带雨林的多种性，具备了以一群落为单位，对养分迅速吸收的能力。热带雨林的有机质，就是具有这样一个迅速而连续不断的

补充
分解→吸收的反复过程，以此来维持着庞大的热带雨林群落的养分消耗和保持土壤的肥力。

在滇南地区，由于不合理的耕作方式，往往造成了土壤肥力的迅速恶化。表四中的数字表明了一块森林地被开垦种植早稻后，其氮素流失量比热带雨林流失量达570多倍，其他养份的损失有的甚至成千倍的增加，这就使一块肥沃的土壤，数年内由于肥力不足而丢荒。如我们对62—65年连作早稻的产量进行比较(图8)，就可以看出，产量的下降是很快的，这主要是由于土壤肥力逐年下降的结果。

热带的森林被开垦以后，如何建立起自然群

补充
落中的那一种以植物为中心的分解→吸收的过程呢？我们对此进行了一些试验。在以三叶橡胶为主的人工群落中，研究了如何通过植物本身提供土壤养分的问题。

我们在橡胶幼林地进行了不同植物的间种（即橡胶幼龄覆盖）试验，采用的植物是：爪哇葛藤、飞机草及早稻。从62—64年，每年都将实验区内的其他杂草除去，至65年测定土壤（0—20公分）的有机质及全氮含量，其结果如表十。

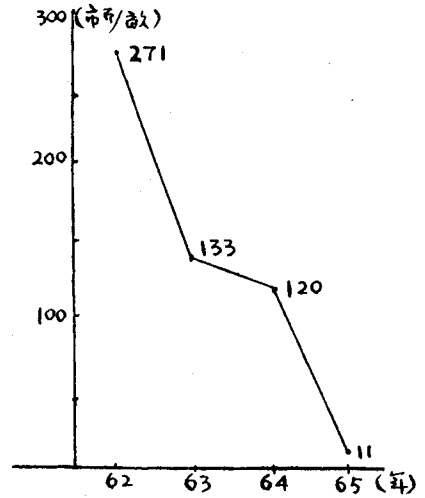


图8 早稻连作年的产量下降情况

表十 橡胶林间种植物后土壤有机质及全氮变化

处 理	土层深度 (cm)	有 机 质 %	全 % N	备 注
早 稻	0—20	2.32	0.122	早稻采用连作三年，每年除收获籽实外，将全部蒿秆放回土壤中。
飞 机 草	0—20	3.32	0.170	
爪 哇 葛 藤	0—20	3.50	0.174	

从表十中可以看出，不同的复盖植物对土壤肥力的影响是显著不同的。在三种植物中，以爪哇葛藤对土壤肥力的影响最好，这是因为爪哇葛藤是一种豆科植物，它除了每年有大批茎叶腐烂外，尚能固定空气中的氮素。飞机草，因其生长旺盛，每亩每年将近有3,950公斤（鲜）茎叶回到土壤中去，对土壤的肥力作用还是好的。而早稻连作以后，对土壤的肥力降低最快。

为了验证土壤分析的准确性,我们对上述三种试验区(即爪哇葛藤、飞机叶及早稻)在连种三年后,全部改种早稻。经测定,早稻的产量与上述有机质及全氮含量的分析结果,其趋势是完全一致的(见图9)。

我们又学习了当地山区兄弟民族将白苏(*Perilla frutescens*)与早稻轮作后,可以延长土地使用年限的经验而将白苏引种到橡胶幼林地,并进行了分析,每亩白苏地每年归还土壤的有机质(残根落叶)达530公斤(风干重),相当于施绿肥1,590公斤。根据其成份含量分析,每亩地相当于施用硫酸铵5公斤,过磷酸钙10公斤,硫酸钾34公斤。这是利用植物自然施肥,提高土壤肥力的一个有效措施。

从人工群落的情况看,一片雨林被开垦后,由于破坏了自然群落本身存在

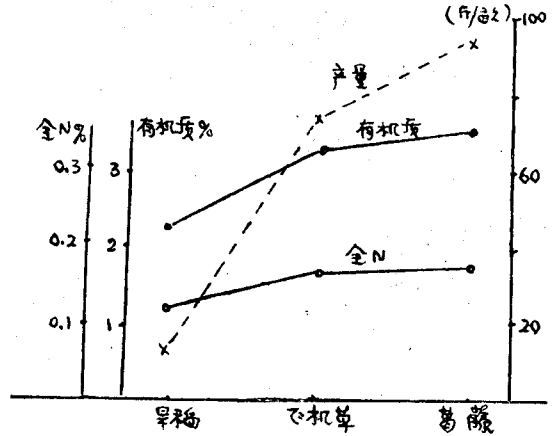


图9 飞机草、早稻、爪哇葛藤三种植物连作三年后土壤有机质、全N及早稻产量的变化情况

补充

的分解——吸收这样一个有利的循环过程,因而土壤肥力急剧下降,以土壤有机质一项来看,0—10cm的土层内就降低达44倍之多。种植了橡胶林后,由于逐步恢复了这一循环过程,五年后,土壤的有机质又可增加14倍。如果采用橡胶林下种植其他耐荫的经济植物的两层植被,则比起单层的橡胶地又有更好的循环过程,其有机质含量又可比开垦后的弃荒地增加25倍之多。其结果见图10。这是因为种植单一种作物的人工群落,存在着单一的生长节律,必然有一段时期不能迅速利用土壤养分(如橡胶在冬春生长相对停止及落叶)而造成了土壤养分的损失,特别是种植短期作物(如种早稻),一年中只有一段时间利用土壤养分,其他时间由于作物已经收获,而土壤养分并未因作物的收获而停止分解,这就造成了土壤养分的更大损失。人工群落的多层多种植物的配置,由于各种植物具有不同的生长节律,因而在时间上可以交替的利用土壤的养分,能够逐渐恢复自然群落中的那

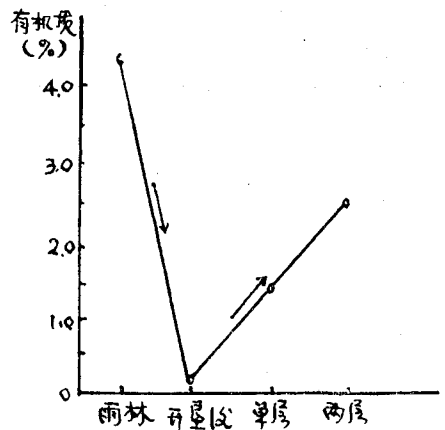


图10 热带雨林及开垦后种植单层橡胶及两层林地(五年)的土壤有机质(0—10cm)含量的变化情况

补充

种分解——吸收的有利循环过程。

植物群落的多层多种结构的优良特性之一,还在于它的成员对土壤养份吸收的不一致性,根据对滇南热带雨林中七种植物鲜叶的分

析结果表明，它们对一些主要养份的需要差异很大，有的差异可达1—2倍(表十一)。

表十一

不同植物鲜叶中的养份含量情况表

数 量 种 类	项 目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	灰 分 总 量
		大 叶 藤 黄	1.47	0.17	0.32	1.27	0.43	0.035
芭 蕉	藤	2.07	0.16	0.61	0.98	1.11	0.056	6.65
黄 叶	树	3.17	0.15	0.43	1.23	0.47	0.073	7.18
龙 果		3.09	0.20	0.32	1.08	0.76	0.035	5.82
木 奶 果		1.67	0.14	0.29	2.53	0.99	0.068	14.57
五 月 茶		1.93	0.19	0.38	2.61	1.31	0.048	10.04
白 颜 树		2.61	0.15	0.23	1.70	0.64	0.035	14.01

上表情况说明，热带雨林中不同植物对养份的需要是不同的，它们虽然生长在同一块土地上，但它们分别进行着不同养份的吸收。因而相对地减少了它们之间对养份的矛盾。

因此从某种意义上来说，不同的植物种类，乃是土壤不同养份的加工厂和临时仓库，植物种类愈多，这种加工厂和临时仓库的复杂性愈多，因而保持土壤肥力的能力就愈大。

四、植物种间关系（矛盾）在人工群落中的应用

植物的种间关系问题是自然界中极其复杂的问题之一。探索植物种间矛盾关系，并进一步利用和解决这些矛盾，使之符合人类的需要，是植物群落工作的重要内容。

滇南热带雨林群落包含着众多的植物种类，这些植物通过自然适应，在长期历史发展中，形成了一个互相矛盾，而又互相依存的矛盾统一体。若干年来，我们用实验群落学的方法，对一系列野生及栽培植物进行了种间相互关系的研究，发现植物种间关系是十分复杂而又多样的。发现和揭露这些矛盾的实质，并发展其对人类有利的一面，克服其对人类不利的一面，利用植物种间相互促进而又相互抑制的关系，来为人类的生产斗争服务。

为了叙述上的方便，将植物种间相互关系的问题，分为地上部份和地下部份的相互关系来加以论述。

（一）植物种间地上部份的相互矛盾

植物种间的地上部份，主要是通过相互造成的小气候环境而相互影响的，下面举几个具体实例：

滇南热带雨林下的小灌木云南萝芙木，一经移植在林外进行人工栽培后，开花特别

丰盛，结果亦极多，但这些果实中的种子95%都是空实的（即只有种壳而无种仁的果子），而在天然林下的萝芙木种子空实率只有9.3%。我们将云南萝芙木又从空旷地移至巴西橡胶林荫下栽培后，其种子空实率，又由旷地的95%降至17.8%（图11）。萝芙木的种子空实率的这种由低到高又由高到低的变化，主要是由于热带雨林及橡胶林下的小气候环境，有利于其授粉结实的需要。

木奶果 (*Baccauria sapida*) 是热带雨林下第三层小乔木，每年七、八月份，树干上结满了成串的红色或黄色的果实，酸甜可口，是热带森林中常见的一种野生水果，一旦将其周围的上层树种疏伐后，使其脱离了森林环境，就完全不能开花结果。

油瓜是滇南热带森林中的一种木质藤本油料植物，野生环境下生命可达数十年，但离开森林栽培时，数年后即开始衰老。

我们于1960年，在本所内定植了数十亩地的小粒咖啡 (*Coffea arabica*)，1961年即开始大量结果，但由于种植于旷地，没有荫蔽，1962年起就发生了严重枯枝落叶以及干果等现象，以致产量大大下降，寿命显著缩短，三年后即失去了生产价值而被挖除。而种植在橡胶林下的咖啡，十余年来一直正常生长和开花结果。

森林砍伐后被留下的孤立木，往往成为大风的受害者。

1972年在橡胶林下种植的三七，在郁闭较好的林荫下种子出苗后，除部份因猝倒病死亡外，小苗生长正常良好，但播种在林窗下的种子，出苗后由于受到透入的直射光照射，小苗全部死亡。

上述种种事例表明，许多种植物必须在互相造成的森林环境下，才能正常生长发育，开花结果，离开了这样的环境，它们表现为寿命缩短，不能开花结实，甚至不能正常生活而死亡。这是在小气候环境上植物种间互利的一系列实例，说明了一些植物之间它们是相互依存的。

然而也有由于植物种间造成的小气候环境而使一种植物将另一种植物损伤而致死的现象。

滇南某地1966年定植的一片巴西橡胶林地，由于管理不善，1969年冬，橡胶幼树周围长满了杂草，使橡胶树干在冬季低温期，长期处于冷湿的小气候环境下，以致在根茎部产生严重的生理性病害——烂脚，造成了大面积橡胶树死亡。但在其中一长带橡胶，由于植胶带兼作人行道，杂草经行人践踏不能繁茂生长，使这一带橡胶树大部分免除了烂脚而幸存下来（照片五），这是植物种间通过造成不利的小气候环境，一种或几种植物使另一种植物遭受危害的实例。发现了这种关系的情况，就可以通过人为的干预，避免这种对人类经营有害的种间矛盾关系。

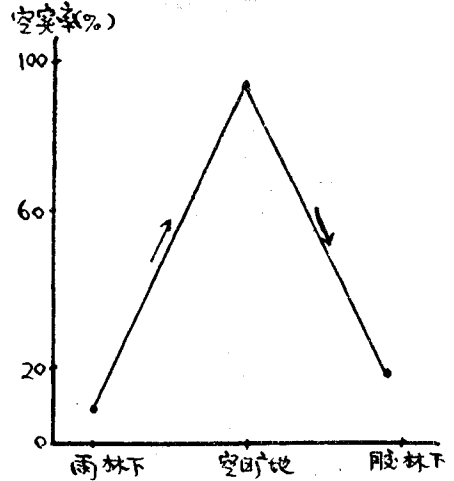


图11 不同环境下萝芙木空实率的变化情况



照片五

又如白茅是橡胶林地的一种恶性杂草，除茅工作在胶园管理中是一项十分繁重的工作。然而在郁闭的橡胶林下，由于光照的缺乏，白茅就自然消失。这是通过种间斗争，一种植物消灭另一种植物带来对人类有利的矛盾关系。如果在橡胶定植初期，间种一种速生而荫蔽面大的植物，使白茅一开始就不能顺利生长，就可以通过植物种间的斗争关系，将白茅及早消灭。

上述实例表明，植物地上部份之间的相互关系，很大程度上是通过造成环境条件的差异而进行相互影响的，这种影响带来的后果是多种多样的。对于农业有利的影响，就应加以利用。对于农业不利的影晌就应该加以改造或克服。

(二) 植物种间地下部份的相互关系

植物种间在地下部份产生的矛盾，由于它本身的复杂性以及研究方法等方面的困难，因之这方面的深入报导尚不多见，通过若干年来的实践得到下面一些结果：

我们在橡胶林下种植了云南大叶茶、云南萝芙木、小粒种咖啡等三种经济植物，并研究了它们与橡胶根系之间的相互竞争问题。

橡胶是一种根系十分发达的植物，根的再生力很强，橡胶林内的土壤表层，密布着橡胶的吸收根。为了探明橡胶根系对于间种在胶林内的上述三种植物的影响，我们将上述三种植物布置为受橡胶根系影响和排除橡胶根系影响（即将橡胶根系用深沟切断）两个试验处理。结果明显地看出，三种植物中橡胶根系对咖啡的影响最大，相对影响率达到68.5%（即茎粗、株高的相对增长率切断橡胶根系的占不切断橡胶根系的168.5%），对萝芙木的影响次之，相对影响率为19.5%。而对茶叶的影响则不明显，只有1.5%（图12）。

通过上述实验，明显看出橡胶根系对这三种热带经济作物的影响是不同的，三种就有三个不同的情况，即影响大的，影响一般的和影响小的。这说明了植物种间在根系之间的矛盾，是随着植物的种类不同而不同的。

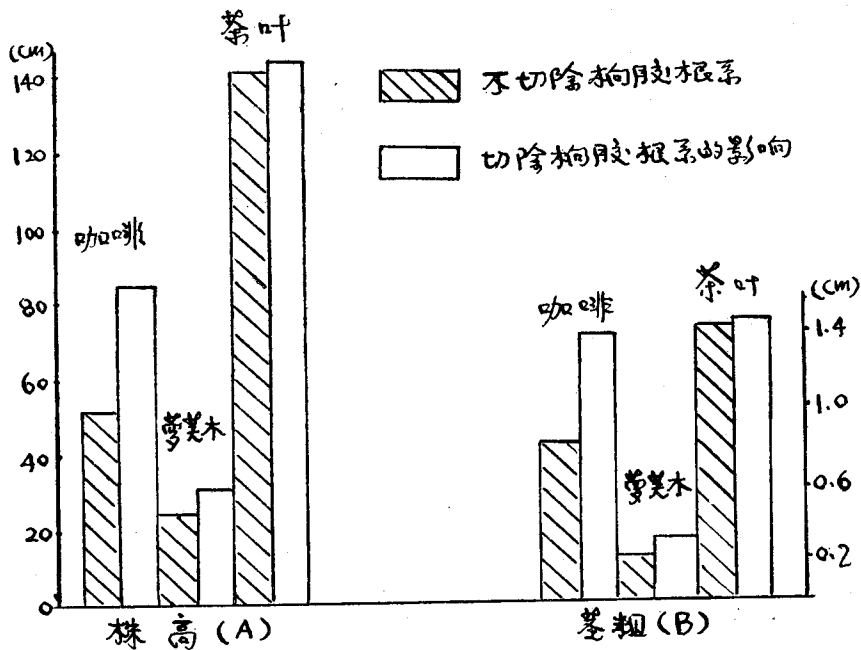


图12 咖啡、萝芙木、茶叶在种植物与橡胶林下有无橡胶根系影响对株高(A)、茎粗(B)的生长变化情况

为了进一步研究橡胶根系与茶叶及萝芙木相互影响的季节关系，以便进一步了解相互矛盾的实质，我们将上述处理中的茶叶及萝芙木在不同季节进行取样，测定其在各季节的生物学产量。结果发现橡胶与萝芙木的主要矛盾时间是在一年中的雨季，这段时间，隔除了橡胶根系影响后，萝芙木植株的生物学产量，达到对照植株的181%。又据我们的试验，萝芙木是一种较耐旱的植物，在干季时灌水与否对产量并无多大影响，因而在干热季与橡胶根系的相互密接，对萝芙木的生长没有明显的影响。（表十二）。

表十二 隔除橡胶根系影响后萝芙木根、茎叶产量的季节变化

产量克/株 取样日期	处理	对照 (不隔除 橡胶根系影响)	隔除橡胶 根系影响	处理占对照的 %
		19/5 (干季)	99.3 5.1 16.5 120.9	77.6 6.7 15.5 99.8
18/11 (代表雨季)	叶 茎 根 合计	33.3 8.3 30.8 72.4	46.7 23 61.4 131.1	181

上述实验中，萝芙木在干季和雨季的生长季节变化与橡胶根系影响的情况，说明了萝芙木在橡胶林下生长时，干季土壤中水份的矛盾不是主要的。主要矛盾是雨季橡胶旺盛生长期的土壤养份矛盾。因此为了使萝芙木生长良好，雨季前施以一定数量的肥料是必要的。

有趣的是，如果我们把茶叶的情况与上述萝芙木情况作一比较，结果恰好相反。橡胶根系对茶叶生长的影响不是在雨季，而是在干热季（表十三）。这是因为茶叶与萝芙木不同，它是不耐旱的，干季时林内光线适中，茶叶的生长较旺盛，对于水份的要求较高，所以在干热季，隔除了橡胶根系，减少了水份的竞争，对茶树的生长是有利的，其全株生物学产量达到对照的148%；而在雨季橡胶旺盛生长期，茶叶受橡胶根系的影响并不明显，隔除橡胶根系的处理，比对照还略有偏低，只有95%。因此，在橡胶林下间种茶叶，从地下部份来看主要矛盾是在干季的土壤水份。因此干季的灌溉，是提高橡胶林下茶叶产量的主要措施之一。

隔除橡胶根系影响后茶叶植株生物学产量的季节变化与对照植株比较表

表十三

相对产量 取样时间	处理	植株根茎叶干重		处理占对照的 %
		对照 (不隔除胶根)	隔除胶根影响	
1964年6月		100	100	
64年10月(雨季)		261	248	95
65年2月(代表雾季)		349	419	120
65年6月(代表干热季)		369	547	148

为了进一步查明橡胶根系对茶叶在养份上的争夺情况，我们将隔除橡胶根系影响及不隔除橡胶根系影响的两种小区，分别进行施肥及不施肥的处理。并对各处理小区进行了全年产量测定，其结果如（表十四）。

隔除橡胶根系影响后茶叶植株施肥与不施肥的产量变化与对植株之间的关系表

表十四

产量 处理	项目	产量 克/小区	施肥占 不施肥 %	处理施肥 占对照 施肥 %	处理不 施肥与 对照不 施肥%	隔除根 系影响 率%	隔除胶根 施用施肥 影响率%
	不施肥	2261					
隔除橡胶根系影响	施肥	2946	127	109	103	3	6
	不施肥	2328					

从表中可以看出：①不论隔除橡胶根系影响或不隔除橡胶根系影响，施肥对橡胶林下茶叶产量的增加是不大的，增产率只有18—27%，②隔除橡胶根系的竞争后施肥与不施肥的处理比对照的施肥与不施肥对茶叶的产量的提高都不十分明显，只分别为6%及3%。因此可以认为，橡胶树下间种茶叶后，橡胶与茶树之间在土壤养份上的竞争（矛盾）是不十分大的。

植物种间矛盾的复杂性，还可以用下述资料给予进一步说明，我们将茶叶及萝芙木分别种植到橡胶及铁刀木 (*Cassia siamia*) 林下，并对其根茎叶产量作了实测，结果发现：同一种植物种植在不同种类的树木林下，它们的生长及产量的效果是完全不同的，种植在橡胶林下的茶叶，其根茎叶的生物学产量，比种植在铁刀木林下的茶叶高达2.7倍（表十五），而萝芙木恰好相反，种植在铁刀木林下的萝芙木，反而比种植在橡胶林下的萝芙木好得多，其根茎叶的生物学产量，胶林下只有铁刀木林下的45%。因此在不同的林下选择不同的林下植物，在人工群落的布置上是必须充分注意的。

茶叶及萝芙木种植在橡胶林下及铁刀木林下的生物学产量变化情况表

表十五

产 量 处 理	项 目			
	根 干 重 克/株	茎 干 重 克/株	叶 干 重 克/株	根茎叶总重 克/株
橡胶林内茶叶	28.8	19.0	25.2	73.0
铁刀木林内茶叶	7.8	10.8	7.9	26.5
胶林与铁刀木林内茶叶之比	369%	176%	319%	275%
胶林内萝芙木	9.2	11.3	13.5	34.0
铁刀木林内萝芙木	15.4	24.2	35.9	75.5
胶林与铁刀木林内萝芙木之比	59.7%	46.7%	37.6%	45%

上述一系列事例表明，不同植物种之间的根系矛盾是十分复杂的，一般在配置人工群落时，对于如何处理种间根系矛盾问题，多从表面现象考虑，如深根作物配以浅根作物，豆科作物配以非豆科作物，似乎这就是利用种间根系矛盾的重要方法。我们的实验表明，从这样一些表面现象来考虑问题，对于解决植物种间根系矛盾是很不够的。如萝芙木、茶叶及咖啡的根系在土壤中的分布大体上是一致的，但它们与橡胶根系就产生了三种不同的情况。如茶叶与萝芙木都是非豆科植物，在与豆科植物铁刀木以及非豆科植物三叶橡胶间作时，则产生了绝然不同的两种情况。这些事实表明，植物种间根系的矛盾现象，比目前人们知道的情况，要复杂得多。不同的植物种，存在着不同的矛盾，这些矛盾有的主要表现在水份上，有的主要表现在肥力上……。随着一年间季节的变化，矛盾也随着转化，这些都是值得进一步研究的。

植物种间的关系问题，是植物群落学的核心问题，发现植物种间矛盾之所在，抓住

主要矛盾，进而找出解决矛盾的方法，使植物群落向着对人类有利的方向发展，这是植物群落学的一项中心任务。上述有关这方面的材料及讨论，是我们开展该项工作的一点初步尝试。

讨 论

在云南热带地区，开展多层多种人工植物群落的研究，有其一定的理论上及实践上的意义。我们通过自己的科学实验的实践，看出多层多种人工群落对于充分而合理地利用太阳光能、降雨及肥力等自然资源的问题上，有其特殊的作用。

目前人类通过植物而对太阳光能利用的效率是很低的，仅有1%左右。热带自然森林的多层性和多种性，加大了太阳光能的利用率，启发了我们并在人工群落中加以利用。实践证明：不同植物对太阳光强度的要求是不一样的，例如“小功劳”(*Psychotria pilifera*)，“三七”就必须在几乎没有直射光的荫暗环境下，才能正常生长发育，开花结实，类似的耐荫性及喜荫性经济植物，在热带不下数十种，将这样的一些植物种植在橡胶林下，就能提高太阳光能的利用效率。另外凭借各种植物在一生中以及一年中的不同生长发育阶段对光线的要求不同，人为地加以合理安排，造成时间上的交错协调，也是提高太阳光能利用率的有效途径之一。

探讨耐荫性植物的生理机制，选育耐荫性植物的种和品种，是人工多层多种群落的重要研究课题，可以为以植物群落方式提高太阳光能的利用，开辟更为广阔的天地。

滇南地区降雨的集中以及多山的地形，加之以前垦植方式的落后，造成了降雨利用分配的极端不合理性。植物群落是决定降雨利用分配的主要条件。经过实验证明，植物群落的多层多种性，提高了降雨的有效消耗部份，大大地减少了破坏性消耗及无效消耗，减少了干湿不均现象，是合理用水的重要措施。

滇南热带地区的高温多湿环境，造成了土壤肥力迅速分解和丧失。天然森林的多层多种性，造成热带地区土壤肥力的有利循环。经过观察测定，认识了热带土壤肥力保持和提高的特殊性，是在于养份迅速的分解必须配合迅速的吸收以及不断的补充。无植被的裸露的土壤，只有单纯的迅速分解，没有迅速的吸收和补充，因此土壤肥力减低最快。要不断地保持和提高热带土壤的肥力，就必须掌握热带土壤的这一规律。人工多层多种的植物群落配置方式，为适应和解决这一规律开辟了途径。

探明植物种间相互抑制而又相互促进的复杂关系，进一步利用这种关系为人类的生产斗争服务，是植物群落亦是人工群落研究的核心。我们在这一方面做了初步尝试，并讨论了橡胶树与其他一些植物之间的相互关系。

多层多种人工植物群落，对于合理开发热带地区，充分利用热带丰富的光、热、水、土等自然资源，有其一定的特殊作用。由于植物种间关系的复杂，多层多种人工群落研究又是一项新的课题，免不了存在着大量尚待深入的问题。本文仅就这方面提供一点参考材料。