

西双版纳热带雨林中砂仁种植的可持续性分析*

高 雷** 刘宏茂 崔景云 聂泽龙 段其武

(中国科学院西双版纳热带植物园, 勐腊 666303)

【摘要】 从生态效益和经济效益方面对在热带雨林中砂仁的种植经营模式进行了分析. 结果表明, 种植砂仁后, 热带雨林中的植物多样性、凋落物量和土壤肥力比同类型的原始林都有不同程度的下降, 营养元素在土层中的分布也有所改变; 由于不合理的经营管理方式, 在种植砂仁 7~ 8 年后, 其经济效益呈明显下降趋势, 表明林下砂仁的种植方式是不可持续性的. 据此, 提出了模式的改进设想, 以达到生态效益、经济效益和社会效益相统一, 实现热带雨林的可持续利用.

关键词 砂仁 热带雨林 经济效益 生态效益 可持续性

文章编号 1001- 9332(2002) 03- 0262- 05 中图分类号 S727. 3 文献标识码 A

Analysis on the sustainability of *Amomum villosum* cultivation under the tropical rainforest in Xishuangbanna.
GAO Lei, LIU Hongmao, CUI Jingyun, NIE Zelong and DUAN Qiwu (*Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303*). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2002, 13(3): 262~ 266.

Amomum villosum has been cultivated under tropic rainforest in Xishuangbanna area since 1970s. The cultivation area of *Amomum villosum* had expanded to 5811 hm² by 1998, and the dry fruit yield had reached to 542 t. In this study, the ecological and economical benefits of this cultivation model were analyzed. The results showed that plant diversity, litter, soil humidity, and soil fertility of rainforest decreased at different levels after *Amomum villosum* cultivated under rainforest, and the distribution of nutrition had been changed in the soil. The economical benefits had an obvious downtrend after 7~ 8 years cultivating due to irrational management. So, the present cultivation model of *Amomum villosum* under the tropical rainforest was not sustainable. For the objectives of harmonizing the ecological, economic, and social benefits and sustainable utilization of the rainforest, and improved model was also discussed in this study.

Key words *Amomum villosum*, Rainforest, Economic benefit, Sustainability.

1 引 言

热带雨林是地球上生物多样性最丰富和生产力最高的生态系统, 主要分布在经济较落后的国家与地区. 由于人口的增加和不合理的开发利用, 热带森林每年以 0. 9% 的速率在地球上消失^[2], 导致每年大约有 10000 个物种丢失^[13]. 如何把热带雨林的管理与生物多样性的保护有效地结合起来, 成为人们关注的问题^[1, 3, 7, 9, 12]. 砂仁(*Amomum villosum*) 作为一种耐阴经济植物, 自 20 世纪 70 年代初引入西双版纳热带湿性季节性雨林中栽培以来, 发展速度很快, 至 1998 年底, 面积已达 5811hm², 干果产量达到 542t, 为地方经济的发展与少数民族的脱贫致富发挥了一定作用. 许多学者对砂仁种植对植物多样性的影响进行了研究^[4, 10, 11, 15, 20, 23], 但是对于这种模式的综合性评价还不多见^[10]. 本文从生态系统的植物多样性和群落结构、凋落物归还状况、土壤养分以及经济效益等方面对热带森林下种植砂仁的经营模式进行了分析. 为热带森林林下种植其他作物的

复合生态系统的可持续性经营与管理提供借鉴.

2 研究地区和研究方法

2.1 研究地区概况

研究地区位于云南南部的西双版纳傣族自治州(2° 10' ~ 22° 40' N, 99° 55' ~ 101° 50' E). 该地区气候高温多雨、干湿季分明, 四季不明显, 年温差小, 日温差大, 兼有大陆性气候和海洋性气候的优点, 年均温为 20~ 22℃, 年降雨量在 1200~ 1900mm 之间. 土壤由红壤向赤红壤、砖红壤发展, 间有紫色土和石灰岩土交错分布. 复杂的地形地貌和气候条件形成和发育了多样的植被类型. 本研究定位调查的地点为景洪市橄榄坝镇曼么哈尼族村寨. 该村种植砂仁种植已有 20 多年的历史. 砂仁主要种植在湿性季节性雨林中, 主要优势树种有绒毛番龙眼(*Pometia tomentosa*)、千果榄仁(*Terminalia myriocarpa*)、滇南风吹楠(*Horsfieldia tetratapa*)、大叶风吹楠(*Horsfieldia kingii*)、多花白头树(*Garruga floribunda*)、木奶果(*Baccaurea ramiflora*) 和龙果(*Pouteria grandis*).

* 中国科学院生命科学与生物技术特别支持项目(ST Z97 0104) 和蔡希陶科学发展基金支持项目.

** 通讯联系人.

2000- 05- 29 收稿, 2000- 08- 29 接受.

flora)等。

2.2 研究方法

2.2.1 植物多样性调查 选择种植砂仁的热带雨林样地两个,每个面积为 30m×50m,在未种植砂仁的生境相同的自然保护区(原始林)中选择面积相等的两个样方作为对照。在样方内调查植物种类与物种组成,对于胸径 5cm 以上的乔木,除调查种类及每一物种的个体数量外,对每一个个体的高度、胸径、冠幅进行记录,藤本植物只调查物种数量,对于灌木种类、草本植物的调查,在大样方内中心和四个角处设置 5 个面积为 1m×1m 的小样方,进行种类与数量的记录。植物多样性的计算,乔木和灌木层以及藤本植物采用 Sharrnon Wiener 指数计算,草本层采用 Simpson 指数。其公式分别为:

$$D_{\text{Sharron Wiener}} = - \sum_{i=1}^s (ni/N) \log_2 (ni/N)$$
$$D_{\text{Simpson}} = 1 - \sum_{i=1}^s (ni/N)^2$$

式中, *s* 为样方中物种种类数, *ni/N* 是个体配比, *N* 为样方总个体数, *ni* 为第 *i* 种的个体数。

2.2.2 凋落物量的测量 采用小收集器法,在上述各样地中采用对角线法各选 5 个点,以圆口面积为 0.25m² 的收集器收集,每月收集一次,在烘箱中 60℃ 烘至恒重,测量每月凋落物的重量。

2.2.3 凋落物的分解 采用自然分解法,在紧靠收集器的地方围出 1m² 空格地面,实验前收集该空格内的地被凋落物,烘干测重后放回原地,让其自然分解,一周年后,再收集烘干称重,求得二者之差,然后加上收集的年凋落物量(换算为 1m²),计得年失重量^[19]。

2.2.4 土壤水分测定 在砂仁地和原始林样地中,采用对角线法取土样,每个样方各取 5 次,把分别从 0~10、10~20 和 20~30cm 深处的土样分装,在室内用烘干法测定其含水量,温度为 105℃。含水量的测量分别在雨季(7、8 月份)和旱季(3、4 月份)进行,各取样 2 次,然后求算各自的平均值。

2.2.5 营养元素测定 土样采用上述方法,在 9 月份取样。土壤样品运用常规方法测定 pH、有机质、全 N、全 P、全 K、速效 N、速效 P、速效 K 和微量元素 Zn、B。

2.2.6 经济效益调查 一是运用政府的年报统计,查阅 1975~1998 年年报,对砂仁的面积产量进行统计。二是运用参与性农村快速评估(Participatory Rural Appraisal)^[18],调查主要包括农户种植砂仁的年限及产量,对砂仁的种植、经营管理方式以及采收情况,砂仁的经济收入,劳动力的使用和

分配等。

3 结果与分析

3.1 砂仁种植的生态效益

3.1.1 砂仁种植后植物多样性变化 砂仁主要种植在海拔 700~800m 的热带湿性季节性雨林中。在种植砂仁时,首先要清除林下的草本、灌木层和乔木的一些幼树,保存上层部分乔木作为遮荫,阴蔽度保持在 60%~70%,在砂仁的管理过程中,每年还要清除一些新增加的灌木与草本植物。砂仁种植地的多样性指数明显低于原始林(表 1)。由于砂仁是一种荫生植物,为了遮荫,有意识地保留了一些上层乔木,在一定程度上对植物的保护起到了积极的作用,因此上层乔木的种类与数量与原始林相比,相差不大,但是十分荫蔽的环境也不利于砂仁的生长与开花结果,并且,由于要开辟砂仁地,就必须伐掉一些乔木,特别是下层乔木和灌木,以便有更多的种植面积,砂仁地的下层乔木(C 层)和灌木层以及藤本植物要远低于原始林;对于草本及上层植物的幼苗,每年都要进行两次清除,即便上层树种的种子能够萌发,但由于人类的干扰活动,也会很快夭折。在调查中发现,乔木幼苗的高度分布并未呈良好的均匀分布,大都远远低于砂仁的高度,并且都为一年生幼苗。在砂仁生长良好的情况下,这些幼苗得不到良好的生长,再由于砂仁可以靠根茎繁殖,又是荫生植物,在林下砂仁可以生长拓殖,迅速侵占领地,形成均匀分布,加之人类的除草活动,更加强了这种均匀分布。从长远的角度出发,上层乔木得不到更新,整个森林的演替更新就会出现断代现象。

3.1.2 凋落物量与分解 通过一周年的凋落物收集,种植砂仁地年凋落物干重为 584.7g·m⁻²,而原始林年凋落物干重为 773.4g·m⁻²,砂仁地略微低于原始林。由于种植砂仁地的植物多样性降低,在其群落落叶的季节性变化上与原始林有明显差异,原始林在 3~4 月份有一落叶高峰,砂仁地则表现出没有规律的落叶。这是由于砂仁地群落内落叶树种多样性减少,在有些季节有很少树种落叶,而有些季节很

表 1 砂仁种植地植物多样性对照*
Table 1 Comparison of parameters of plant diversity in *Amomum villosum* community and rainforest

林型 Forest type	乔木 A 层 Arbor layer A	乔木 B 层 Arbor layer B	乔木 C 层 Arbor layer C	乔木层 Arbor layer	灌木层 Shrub layer	藤本植物 Liana	草本层 Herb layer
砂仁地 <i>Amomum villosum</i> land	3.18	3.58	2.0	4.14	2.46	0	0.65
热带雨林 Rainforest	3.85	4.14	4.09	4.72	3.92	2.86	0.95

* 乔木层分层, A 层为 ≥20m, B 层为 10~20m, C 层为 ≤10m, 砂仁地中没有藤本植物。所得数据系各类样方的平均值。Arbor stratifying: layer A ≥20 m, layer B between 10 and 20 m, layer C ≤10 m. There aren't lianas in the *Amomum villosum* land. The data are the average of every kind quadrates.

多树种落叶,对于原始林来说,植物种类丰富,几乎在每个季节都有落叶,因此,除了落叶高峰期,其落叶量分布较均匀.

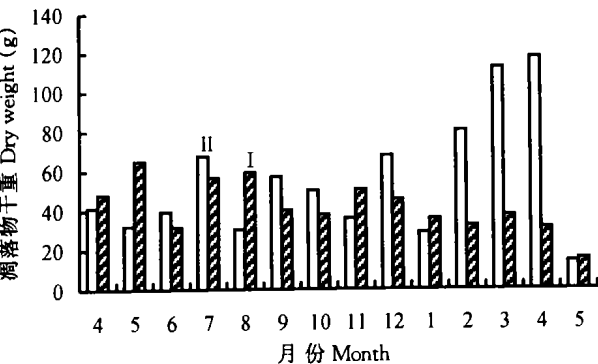


图1 砂仁地(I)及原始林(II)凋落物干重周年记录
Fig. 1 Comparison of litter dry weight between *Amonum villosum* community (I) and rainforest (II).

3.1.3 凋落物分解 实验发现,种植砂仁地与原始林地凋落物的年失重率没有明显差异,符合热带森林的“快速分解—快速吸收”的规律^[18],在地表没有明显的凋落物累积现象.在西双版纳热带地区,其土壤营养元素的维持主要靠凋落物的快速分解,而在种植砂仁地,由于其凋落物量减少,并且每年采摘砂仁带走部分营养物质,进而影响了森林生态系统的正常水平的物质循环.

3.1.4 土壤含水量分析 与原始林的对比测试表明,在雨季,砂仁样地的土壤含水量与原始林相比相差不大,在旱季则明显不如原始林高,而旱季正是砂仁花芽分化和开花期,此时要求土壤含水量为22%~25%,否则会引起花芽分化减少、花粉败育、落蕾等现象,从而导致减产.对不同深度的土样含水量的测量可见,砂仁地土壤含水量从表层至30cm处,几乎成线性下降,而原始林下降则较缓慢,其曲线趋于平滑,说明原始林有着良好的涵养水源能力.这正是旱季来临时砂仁花芽分化和生殖生长所需要的,然而对已种植多年的砂仁地来说,其涵养水源的能力已大大下降,不能保证旱季砂仁进行正常的生理活动的需要.

3.1.5 土壤营养元素含量的测定与分析 丰富的土壤养分是提高砂仁的产量的重要条件之一.从表2可见,在测定的9个土壤养分指标中,同一深度来比较,砂仁地有机质、全N、全K含量均不如原始林高.管于琴的研究表明^[5],阳春砂仁果实含N量为1.166%、含K量为3.29%,以每年采摘砂仁150kg·hm⁻²(干果)计算,相当于有N1.749kg、P0.288kg、K4.935kg的养分被带走,加上种植砂仁

致使植物多样性减少,引起水土流失和淋溶,更加剧了土壤养分的流失.另外,合理的土壤元素含量比特别是土壤N、P、K含量的合理搭配也是砂仁增产的重要条件,其中砂仁对K的要求高,特别是在开花座果期,要求N、K的比例至少为1:1.2^[16],因此,砂仁对K有很强的富集作用,砂仁地全K含量由深至浅不断减少,表明表层土壤中K被吸收利用,速效K含量却不断增加,远大于原始林,表明K⁺矿化后被砂仁吸收,从而形成了地表K⁺被富集的现象.因此,种植砂仁使得K⁺元素不断被吸附到地表,但是,K⁺是水溶性的,很容易随雨水流失,从而加重了K的流失.在对土壤中Zn、B与原始林的对比测试中,没有发现明显的差异,尚需做进一步研究.从土壤酸碱度的测定可以发现,在种植砂仁地0~20cm深处(主要分布砂仁浅根系),pH值要略大于原始林,同时也表明砂仁地中有机质含量比原始林低.砂仁种植后引起了土壤酸碱度的变化,改变了原来的土壤环境,在一定程度上会引起土壤微生物的变化^[14,22].

3.2 砂仁种植的经济效益可持续性

表2 砂仁地与原始林土壤营养元素含量对比
Table 2 Comparison of soil nutrient contents in *Amonum villosum* community and rainforest

项目 Item	取样深度 Depth (cm)	砂仁地 <i>Amonum villosum</i>		雨林地 Rainforest		F 值 F value
		平均值 Average	平均偏差 AVEDEV	平均值 Average	平均偏差 AVEDEV	
pH	0~10	5.91	0.731	4.97	0.158	2.44
	10~20	5.47	0.833	4.76	0.133	1.23
	20~30	5.09	0.491	4.74	0.080	0.89
有机质 O ₂ M(%)	0~10	2.96	0.713	4.67	0.209	8.67
	10~20	0.78	0.102	1.37	0.127	21.00
	20~30	0.59	0.042	0.85	0.084	12.02
全N Total N(%)	0~10	0.180	0.037	0.252	0.007	6.06
	10~20	0.055	0.003	0.099	0.010	30.30
	20~30	0.049	0.002	0.080	0.005	55.23
全P Total P(%)	0~10	0.031	0.006	0.041	0.002	4.31
	10~20	0.025	0.002	0.035	0.002	20.45
	20~30	0.025	0.001	0.025	0.003	0.025
全K Total K(%)	0~10	0.527	0.031	0.674	0.033	18.19
	10~20	0.635	0.125	0.786	0.020	2.53
	20~30	0.806	0.044	0.935	0.015	10.69
有效N Available N (μg·g ⁻¹)	0~10	150.96	12.413	205.23	6.058	25.50
	10~20	49.44	2.364	77.32	3.336	75.30
	20~30	42.56	0.553	47.18	2.116	6.98
有效P Available P (μg·g ⁻¹)	0~10	12.52	4.760	10.50	0.793	0.27
	10~20	3.99	2.147	1.13	0.147	2.89
	20~30	1.27	0.311	0.89	0.040	2.06
有效K Available K (μg·g ⁻¹)	0~10	193.97	35.087	90.93	2.387	11.60
	10~20	86.33	15.569	33.45	1.116	23.98
	20~30	29.53	8.980	28.47	0.611	0.021
有效Zn Available Zn (μg·g ⁻¹)	0~10	2.48	1.113	3.60	0.231	1.64
	10~20	1.00	0.862	0.81	0.144	0.08
	20~30	0.50	0.298	0.32	0.011	0.62
有效B Available B (μg·g ⁻¹)	0~10	0.16	0.035	0.14	0.011	0.41
	10~20	0.03	0.001	0.04	0.004	3.66
	20~30	0.02	0.002	0.02	0.002	2.53

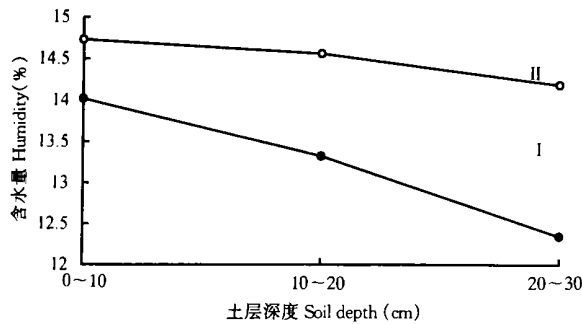


图2 旱季砂仁地(I)与原始林地(II)土壤含水量对比
Fig. 2 Soil humidity of *Amomum villosum* community (I) and rainforest (II) in dry season.

3.2.1 西双版纳砂仁的单位面积产量与产值变化
自20世纪70年代初砂仁引入西双版纳自治州以来,种植面积在不断扩大,其中1988~1992年面积有所下降,到1993年开始回升,至1998年底,面积已达5811hm²,随着面积的不断扩大,其产量也不断增加,1998年底,西双版纳州砂仁干果产量达542t.

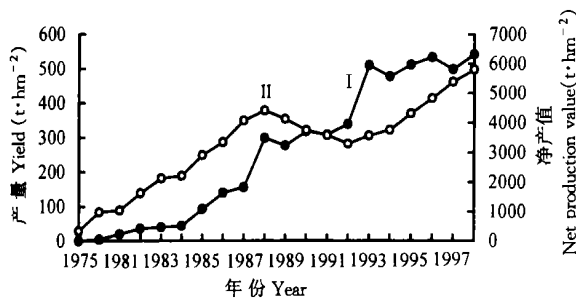


图3 单位面积砂仁产量(I)和净产值(II)的变化
Fig. 3 Alteration curve of *Amomum villosum* unit area yield (I) and net production value (II).

从图3可见,1975~1993年,西双版纳地区砂仁的单产与产值都呈增长趋势,主要是由于前期可种植砂仁的森林较多,面积增加较快,并且有很多砂仁都处在盛产期。而进入90年代后,可供种植砂仁的森林减少,而很多砂仁进入衰老期,产量下降。如果不考虑环境的损失成本^[6],种植砂仁的单位面积净产值应当等于单位面积总产值减去生产成本,这里,生产成本用单位面积所付出的劳动工时计算。其中砂仁价格和劳动工时费都按照1990年政府规定的可比价计算。对农户调查统计得出,1hm²砂仁地需用工时:每年除草两次需60d,每年采收一次需15d,采集后的鲜果烘干大约需15d(此项是经过每户采集后的烘干总共所需时间除以种植面积后得到),因此,1hm²砂仁所需工时为90d。由图3还可看出,种植砂仁的净产值自1993年起开始呈下降趋势,即种植砂仁的经济效益在逐步下降。

3.2.2 不同种植年限的砂仁产量变化 在同一块热

带雨林中,砂仁种植后第二年开始结果,第四至第六年进入高产期,产量可达0.35t·hm⁻²,种植7、8年后开始下降,经济效益也随之下落。由图4可见,砂仁的产量在第八年后呈现缓慢下降,这是因为人们在砂仁管理过程中,不断对衰老植株进行拔除,而通过根茎繁殖新生成的植株虽能结果,但产量较低。

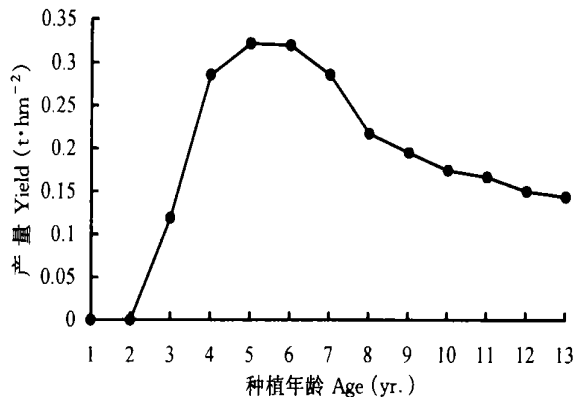


图4 砂仁种植年龄与产量的对照关系
Fig. 4 Relation between age and yield of *Amomum villosum*.

4 讨 论

4.1 砂仁种植对热带雨林的影响

西双版纳热带雨林中砂仁种植,由于初期较好的经济效益和粗放的管理,已被山地民族所接受,但是对一个物种大量引入热带雨林后可能产生的影响缺乏研究与合理规划,致使砂仁发展面积过大,现在不仅种植在一些集体林中,在国家级自然保护区中也广有分布,并且部分种植在保护区的核心区。云南热带地区的保护区面积仅433623hm²,占云南省30个自然保护区的37.1%,其中,西双版纳保护区为241776hm²,热带湿性季节性雨林只占4.8%。就全国范围来看,热带雨林的面积微乎其微,物种最为丰富,因此热带雨林十分珍贵^[17,21]。作为以保护生物多样性为主要目的自然保护区来说,林下种植砂仁对于森林生态系统的影响很大,停止自然保护区特别是其核心区中的砂仁种植十分必要。同时,种植砂仁虽然使得群落结构简化,物种部分流失,物种更新及生态系统功能受到破坏,但由于保留了部分上层乔木,群落内生境一定时间内没有大的改变,停止砂仁种植,可使热带雨林生态系统得以恢复。由于砂仁是一种依靠根茎繁殖的植物,并在群落中占有一定地位,因此如何有效排除这种拓殖力很强的外来种,促进热带雨林植物多样性的恢复,有待进一步研究。

4.2 实现砂仁轮歇种植的可持续生产

集体林中的砂仁种植,虽然对植物多样性有一定影响,但在—

定程度上可避免热带雨林被砍伐后种植经济植物,并且这种模式已被土著民族所接受.因此,集体林中的砂仁种植尚待解决的问题是如何采用科学的管理方式,实现可持续的砂仁生产种植.首先要因地制宜地、有计划地恢复土壤营养元素含量和改善土壤结构.根据砂仁种植的经济效益的变化,在种植7~8年后,人工拔除砂仁,实现森林物种多样性的自然恢复,进而通过凋落物的积累,提高土壤中有机营养成分的含量,同时由于乔木大都是深根系植物,可改善深层土壤结构.实现砂仁的可持续生产还有其另一方面的可行性,西双版纳地区地多人少,对于砂仁投入的劳动量明显不足,如果放弃一部分砂仁地,就可对另一部分实现集约式经营,增加投入劳动量,进行科学的管理.经过几年的种植后,再放弃砂仁的种植,对另一部分再进行砂仁的种植,始终保持高的产量,减少了对森林的过度利用,有效地保护了森林.

参考文献

- Boyle TJB, Sarer JA. 1995. Measuring, Monitoring and Conserving Biodiversity in Managed Tropical Forest. *Commonwealth For Review*, **74**(1): 20~ 25
- Burgess J. 1993. Timber production, timber trade and tropical deforestation. *Ambio*, **22**: 136~ 143
- Center for International Forestry Research(CIFOR). 1993. International forestry research: towards the 21st century. A provisional medium term plan for CIFOR. 1994~ 1998. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Guan Y-Q(管于琴), et al. 1995. Evaluation of the cultivation of *Amomum villosum* under tropical forest in southern Yunnan, China. *PLEC News and Views*, **4**: 22~ 28
- He Z-X(何振兴), He G-G(何贵光). 1984. Three essential factors analysis of *Amomum villosum*. *Guihaia*(广西植物), **4**(3): 256 (in Chinese)
- Hu T(胡涛), Sun B-Y(孙炳彦). 1997. Environmental economics analysis of sustainable development: A case study on Dafeng County. In: Zhang K(张坤) ed.' 97 Paper Collection of The Sino-Japan Friendship Centre for Environment Protection: Environment and Sustainable Development. Beijing: Meteorological Press. 26~ 31(in Chinese)
- International Tropical Timber Organization. 1994. The economic case for natural forest management. I. Main report. Yokohama: Forest Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur.
- James Mascarenhas. 1995. Participatory rural appraisal and participatory learning methods: Recent experiences from MYRADA and South India. Forests, Trees and People. *New letter*, **15**(16): 10~ 17
- Lanly JP. 1995. Sustainable forest management: lessons of history and recent developments. *Unasylva*, **182**: 38~ 45
- Liu H-M(刘宏茂). 1996. Method on utilization of tropical rainforest resources and their development in Yunnan. *Nature Resources*(自然资源), **96**(3): 63~ 66(in Chinese)
- Liu H-M(刘宏茂). 1998. An assessment of impacts of land use on plant diversity in Xishuangbanna, Southwest China. *Acta Phytocool Sin*(植物生态学报), **22**(6): 518~ 522(in Chinese)
- Poore D, Burgess P, et al. 1989. No Timber Without Trees: A Study for ITTO. London: Earthscan Publications.
- Rowe R, Sharma P, Browder J. 1992. Deforestation problems causes and concerns. In: Sharma N ed. Managing the World's Forests. New York: Colombia University Press. 33~ 35
- Sha L-Q(沙丽清), Meng Y(孟盈), Feng Z-L(冯志立). 2000. Nitrification and net N mineralization rate of soils under different tropical forests in Xishuangbanna, Southwest China. *Acta Phytocool Sin*(植物生态学报), **24**(2): 152~ 156(in Chinese)
- Wang B-R(王宝荣), Su W-H(苏文华), Yan H-Z(闫海忠). 1997. Impact of planting *Amomum* on key protected plants in Mengyang Nature Reserve of Xishuangbanna and its countermeasures. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **8**(supp.): 75~ 81(in Chinese)
- Xiong L(熊丽). 1987. A study of regulation of change of N, P and K contents in leaves of *Amomum villosum*. *Sci and Technol Tropi Crops of Yunnan*(云南热带作物科技), **37**(1): 15~ 17(in Chinese)
- Xu Y-C(徐永椿), et al. 1985. The Synthetic Investigation Report of Xishuangbanna Nature Reserve Area. Kunming: Yunnan Science and Technology Press. 7~ 8(in Chinese)
- Xu Z-F(许再富). 1996. Principle and Practice of Sustainable Development on Tropical Plant Resources. Beijing: China Science and Technology Press. 14~ 17(in Chinese)
- Yi W-M(蚁伟民), Ding M-M(丁明懋), Zhang Z-P(张祝平). 1994. Litter mass and its nitrogen dynamics of *Cryptocarya concinna* community in the Dinghushan Biosphere Reserve. *Acta Phytocool Sin*(植物生态学报), **18**(3): 228~ 235(in Chinese)
- Yin S-H(殷寿华). 1993. Invasion of *Amomum villosum* and its influence on tropical forest plant diversity. Wu Z-Y(吴征镒) eds. Symposium of Seminar on Biodiversity in Yunnan. Kunming: Yunnan Science and Technology Press. 180~ 188(in Chinese)
- Yunnan Province Forestry Survey and Planning Institute eds. 1987. Yunnan Nature Reserve Area. Beijing: China Forestry Press. 11~ 41(in Chinese)
- Zhang P(张萍), Guo H-J(郭辉军), Yang S-X(杨世雄), et al. 1999. Ecological distribution and biochemical properties of soil microorganisms in Gaoligong Mountains. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **10**(1): 74~ 78(in Chinese)
- Zou S-Q(邹寿青). 1993. Cultivation of *Amomum villosum* under tropical rainforest. *For Manag Ecol*, **60**: 157~ 162

作者简介 高雷,男,1976年生,硕士,主要从事热带森林保护与持续利用的研究,发表论文2篇. Tel: 0691-8715910, E-mail: gaolei@xtbg.org.cn