

热带森林—砂仁生态系统可持续性的环境经济学分析

高 雷, 刘宏茂, 崔景云, 段其武 (中国科学院 西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303)

摘要: 以曼么村为例, 从环境经济学的观点出发, 对热带森林—砂仁生态系统的可持续性从经济及环境、生态等方面进行了分析。发现种植砂仁后, 砂仁的经济效益的递增率不如资源环境成本的递增率快。生态环境的破坏, 大大降低了砂仁的产量, 从而更使得种植砂仁的经济效益停滞不前。由砂仁的外延式生产转为内涵式生产, 采用轮作的经营方式, 能很好地实现砂仁的持续种植。

关键词: 砂仁; 环境经济学; 环境成本; 可持续性

中图分类号: X196 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5906(2001)01-0024-05

Sustainability of *Amomum villosom* Ecosystem. Gao Lei et al(Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, Chinese Academy of Sciences, MENGGA 666303): *Rural Eco-Environment*, 2001, 17(1): 24~ 28

Abstract: By applying theories of environmental economics, a case study of the *Amomum villosom* cultivation in Manme Village was conducted to analyze sustainability of the *Amomum villosom* ecosystem in tropical forest in the aspect of economy, environment and ecology. It was discovered after *Amomum villosom* trees were planted that the scaling up rate of their economic benefit was much lower than that of their cost in terms of resource environment. The destruction of the eco environment induced by *Amomum villosom* cultivation significantly affected the yield of amomum fruit, thus stagnating their economic benefit. The alteration from extensive production to intensive one by adopting a certain rotation system may well help *Amomum villosom* production develop sustainably.

Key words: *Amomum villosom*; environmental cost; environmental economics; sustainable development

西双版纳自 70 年代初开始引种阳春砂仁至今已有 30 多年的历史了, 至 1998 年底砂仁种植面积已达 $5\,811\text{ hm}^2$, 产量达 542 t。然而, 近几年来砂仁产量却呈下降趋势, 明显不适应当前砂仁紧缺的市场需求。砂仁种植引起了一系列的生态问题, 特别是在保护区内由于种植砂仁, 生物多样性的丢失十分明显^[1~3]。如何保护和恢复破坏日趋明显的热带森林的植物多样性, 而又不影响当地经济发展, 需要我们利用环境经济学的观点对热带森林—砂仁农林复合生态系统进行分析, 以便能寻找一个可持续的经营管理模式。

1 评价准则及研究方法

对农林复合生态系统进行环境经济学分析, 讨论可持续的经营模式, 首先要建立一个定

量评价准则。考虑到环境的影响后, 生态经济系统的实际净产值是总产值减去生产成本和环境成本; 它的资金产值率是总产值与生产成本、环境成本之和的比。我们把前者称为环境经济绝对复合价值 V_a , 后者称为环境经济相对复合价值 V_r ^[4]。因此, 从环境经济角度出发, 可建立如下准则。

(1) 递增性准则。发展就要有一定的发展速度, 就森林—砂仁系统可持续发展而言, 总产值应当是递增的, 而且净产值也应是递增的, 即 $dV_a/dt > 0$ 。

(2) 长远性准则。在进行林下砂仁种植的

基金项目: 中国科学院生命科学与生物技术特别支持项目 (STZ 97-01-04); 蔡希陶科学发展基金支持项目

收稿日期: 2000-04-04

同时, 不能使森林生态系统遭受巨大破坏, 即产值的相对递增速率不应当低于成本(包括生产成本与环境成本) 的相对递增速率, 即 $d(V_r - 1)/dt \geq 0$ 。

(3) 渐进性准则。森林- 砂仁复合农林系统的发展不能具有很大的波动。 dV_a/dt 、 $d(V_r - 1)/dt$ 在适当的范围内波动, 一定程度上有利于系统发展; 但如果在较大范围内变化, 则不利于系统发展。因此, 为使系统可持续进行, 一定要具有渐进性。

(4) 生态系统完善性准则。对于脆弱的热带森林生态系统来说, 要进行可持续的林下种植, 森林自身的可持续应当是一个前提, 森林植物配置的结构和其具有的功能的好坏, 会影响森林的自身发展。为查明林下砂仁种植的生态效益, 我们分别从植物多样性、土壤含水量及土壤肥力等方面进行分析。其样地及研究方法如下。

植物多样性调查: 选择种植砂仁的热带雨林样地 2 个, 面积为 $30\text{ m} \times 50\text{ m}$, 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 2 个对照样方。在样方内调查植物的种类与物种的组成, 其中草本植物的调查, 在大样方内中心和 4 个角处设置 5 个面积为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 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 Shannorrwienner 指数, 草本层采用 Simpson 指数。

土壤水分与营养元素测定: 在砂仁地和原始林中的样地上, 采用对角线法取土样, 每个样方各取 5 点, 把分别从 $0 \sim 10\text{ cm}$, $10 \sim 20\text{ cm}$, $20 \sim 30\text{ cm}$ 深处取的土样分装, 带回测定其含水量。含水量的测量分别在雨季(7、8 月份) 和旱季(3、4 月份) 进行。雨季和旱季各取 2 次样, 然后求算各自的平均值。土壤营养元素测量 1 次/a, 在 9 月份取样。用常规方法测定 pH、有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾和微量元素锌、硼。

2 分析与结果

2.1 递增性分析

近几年来, 由于砂仁种植面积의 扩大, 总产量在一定程度上有所增加, 因此总产值也有所增加。以曼么村的统计数据(表 1) 为例, 可知砂仁产量波动不稳且较低, 近几年呈明显的下降趋势。由于砂仁的价格变化不明显, 因此产值递增率与产量递增率变化基本相似。简化计算砂仁种植的毛绝对环境经济复合价值, 如表 1 所示。其中, 劳动工时按 $90\text{ d}/\text{hm}^2$, 工时费按照当年劳工价计算。

表 1 曼么村砂仁统计年表

Table 1 Annual statistic of *Anomum villosom* in Manme Village

年份	单位面积产量 (kg/ hm^2)	单位面积产值 (元/ hm^2)	单位面积 产值递增率 (%)	单位面积 产量递增率 (%)	单位面积 工时费 (元/ hm^2)	毛绝对复合 价值 (元/ hm^2)
1990	75. 00	900	—	—	450	450
1991	89. 25	1 250	38. 8	19. 0	450	800
1992	82. 80	1 241	- 0. 6	- 7. 3	630	611
1993	74. 85	2 992	141. 0	- 9. 6	630	2 362
1994	93. 90	4 786	60. 0	25. 5	900	3 892
1995	73. 20	4 095	- 14. 4	- 22. 1	900	3 195
1996	67. 95	3 393	- 17. 1	- 7. 2	1 080	2 493
1997	68. 40	3 626	6. 9	0. 8	1 350	2 276
1998	69. 90	4 053	11. 8	2. 1	1 620	2 433
1999	56. 70	2 267	- 44. 1	- 18. 9	1 800	467

注: 资料来自西双版纳州统计局。

由表 1 可知,自 1994 年起,毛绝对复合价值呈明显下降趋势。若再扣除环境成本,绝对复合价值总体必呈下降趋势。这说明森林-砂仁生态系统的经济效益在逐步下降。

2.2 长远性分析

森林-砂仁生态经济系统由于砂仁种植后,改变了森林生态系统的输出,原来生产出的林产品改为单一的砂仁输出。因此其环境成本可考虑为砂仁种植后总林产品损失的价值,生产成本只是劳动投入量的变化。这样,环境经济相对复合价值公式 $V_{ri} = P_i / (E_i + L_i)$ 中:系统总产值 P 为砂仁种植的总产值;生产成本 L 为劳动总工时费;环境成本 E 为砂仁种植的环境成本,包括林产品损失和劳动工时。林产品的计算是以曼么村原始林中林产品的价值作为参考, 求出砂仁地的总的林产品的价值(表 2)。按公式计算,得环境经济相对复合价值变化曲线(见图 1)。可以看出,自 1994 年起, V_r 呈明显下降趋势,即 $d(V_r - 1) / dt < 0$ 。从长远利益着想,以现在的种植模式和经营管理方式,由种植砂仁所引起的生态环境破坏的影响,给生产带来巨大障碍,进而影响经济的发展。对于脆弱的热带山地雨林生态系统来说,它将成为长期限制经济发展的制约因子。

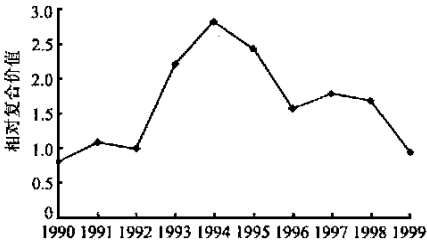


图 1 相对复合价值变化曲线

Fig 1 Variation curve of relative compound value

2.3 渐进性分析

曼么村林下砂仁从开始种植至 1994 年种植初期,砂仁种植的绝对复合价值和相对复合价值,都呈明显的上升趋势;1994 年以后, $dV_a /$

dt 、 dV_r / dt 都开始下降。这说明种植砂仁无经济可持续性,渐进性分析无意义。

表 2 曼么村原始林地林产品统计年表

Table 2 Annual statistic of forestry product in Manme Village

年份	木耳 (kg)	香菇 (kg)	野菜 (kg)	生产 用材 (m ³)	薪材 (m ³)	林产品 总收入 (元)	转换成 砂仁 环境成本 (元)
1990	105	50	8 000	80	280	100 570	13 409
1991	101	56	7 977	56	295	113 701	15 918
1992	79	50	8 591	47	320	132 018	19 143
1993	65	55	8 855	65	335	151 755	26 810
1994	85	63	9 541	52	285	165 926	33 185
1995	98	75	3 759	54	270	164 901	43 974
1996	70	85	9 105	250	343	225 194	63 054
1997	20	90	9 000	250	288	199 464	56 847
1998	50	200	8 500	180	288	215 670	63 263
1999	40	136	8 010	174	320	228 564	68 569

注:资料来自曼么村统计年表和农户问卷调查。林产品价格按当年市场价格计算。

2.4 生态系统完善性分析

2.4.1 砂仁种植地植物多样性分析

对砂仁种植地与原始林地的植物多样性进行了调查,结果见表 3。森林-砂仁生态系统植物多样性明显低于原始雨林。

在调查中发现,由于人们的干扰活动(每年都要进行 2 次清除),乔木幼苗的高度分布并不呈良好的梯状分布,大都远低于砂仁的高度,且都为一年生幼苗。在砂仁生长良好的情况下,这些幼苗不能正常生长;再者,由于砂仁可以靠根蘖繁殖,并且又是荫生植物,在林下可以有很好的生长扩殖,可以迅速侵占领地,形成均匀分布,加之人们的除草活动,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出现了断代现象,因此热带林下砂仁的种植使这种农林生态系统变得相当脆弱。

2.4.2 土壤含水量及营养元素变化

(1) 土壤含水量

通过与原始林的对比测试,在雨季,砂仁样

表 3 砂仁种植地植物多样性指数对照表

Table 3 Comparison of *Amonum villosom* woodland with wild forestland in plant diversity index

生态系统	乔木 A 层	乔木 B 层	乔木 C 层	乔木层	灌木层	藤本植物	草本层
森林- 砂仁系统	3. 18	3. 58	2. 00	4 14	2. 46	—	0. 65
山地季节性雨林	3. 85	4. 14	4. 09	4 72	3. 92	3. 46	0. 95

注: 乔木层分层: ≥20 m 的列为 A 层, 介于 10~ 20 m 的列为 B 层, ≤10 m 的列为 C 层, 砂仁地中, 没有藤本植物。

地的土壤含水量与原始林相比相差不大, 在旱季则低于原始林。而旱季正是砂仁花芽分化和开花期, 要求土壤含水量为 220~ 250 g/ kg, 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。从对不同深度的土样含水量的测定可以看出(表 4), 砂仁地与原始林地土壤含水量的差别随土层深度的增加而增大。

表 4 旱季砂仁地与原始林地土壤含水量对比

Table 4 Comparison of *Amonum villosom* woodland with virgin forestland in soil moisture content

土层深度 (cm)	土壤含水量(g/ kg)	
	砂仁地	原始林地
0~ 10	140	148
10~ 20	133	146
20~ 30	121	141

表 5 砂仁地与原始林地土壤营养成分含量对比测定结果

Table 5 Comparison of *Amonum villosom* woodland with virgin forestland in soil nutrient content

测定项目	种植砂仁地土壤			原始林地土壤		
	0~ 10 cm	10~ 20 cm	20~ 30 cm	0~ 10 cm	10~ 20 cm	20~ 30 cm
pH	5. 91	5. 47	4 75	4. 94	4. 76	4 74
有机质(g/ kg)	29 6	7 8	6. 1	44. 4	13 2	7. 5
总氮(g/ kg)	1 8	0 5	0. 5	2. 4	1 0	0. 8
总磷(g/ kg)	0. 31	0. 25	0 25	0. 39	0. 31	0 26
总钾(g/ kg)	5. 56	6. 35	8 09	6. 39	7. 56	9 42
速效氮(μg/ g)	150. 96	49. 44	42 56	204. 82	73. 82	46 55
速效磷(μg/ g)	12 5	3 2	0. 8	10. 5	1 0	< 1. 0
速效钾(μg/ g)	184. 49	76. 33	16 06	91. 80	33. 37	28 47
速效锌(μg/ g)	2. 48	1. 00	0 37	3. 67	0. 59	0 32
速效硼(μg/ g)	0. 16	0. 03	0 02	0. 14	0. 04	0 02

(2) 土壤营养元素

要提高砂仁的产量, 丰富的土壤养分是重要的条件之一。从表 5 中我们可以发现, 在测定的 9 个土壤养分指标中, 就同一深度来比较, 砂仁地有机质含量、全氮含量、全钾含量均不如原始林地高。另外, 种植砂仁地 0~ 20 cm 深处(主要分布砂仁浅根系), 土壤 pH 值略大于原始林, 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, 这也可能引起土壤微生物的变化^[5, 6]。

3 实现可持续发展的生产模式和调控策略

从对砂仁种植的管理以及投入的劳动量来看, 现今的砂仁种植管理是粗放式经营, 即产出结构中以资源依赖型的牺牲环境型为主, 未能使新技术投入生产使其转变为经济效益。这种经营模式面临着经济发展和资源环境的双重危机。而依靠劳动力的技术水平和科学技术的内涵式生产, 在热带山区正是我们要追求的目标, 对于曼么村发展, 内涵式生产更为现实, 以下是

对曼么村砂仁种植实现生态恢复的持续生产策略的初步探讨。

实现可持续砂仁生产种植,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。从砂仁地的土壤结构来看,其透气性较差,砂仁的根系大部分分布在土壤表层,使下层土壤的营养元素随土壤溶液移至表层,加重了养分的流失,致密地分布于土壤表层的砂仁根系网截留了大量下渗水分,当旱季到来时,深层土壤不能保证水分的供应,造成砂仁缺水减产。由于砂仁具有产量的高峰期,因此,可以在高峰期过后,人工拔除,放弃种植,实现森林的自恢复。由于砂仁种植地保留了部分上层乔木,从而可以实现森林植物的多样性,进而通过凋落物的积累,可以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,这样可以改善深层土壤结构。实现砂仁可持续生产另一方面的可行性是加大劳动量投入。曼么村地多人少,对于砂仁投入的劳动量明显不足,如果放弃一部分砂仁地,就可以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,实现内涵式生产。这样,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,始终保持一个高的产量,减少了对森林的过度利用,有效地保护了森林。

曼么村有很好的旅游资源。由美国福特基金会支持,中国科学院西双版纳热带植物园负责开发的曼么村生态旅游景点,曾经显示出良好的经济效益。但由曼么村自己经营后,由于经营管理不善,并没有为曼么村带来可观的收

入。主要原因是没有认清其丰富的旅游资源的价值,对旅游资源开发投入太少。要搞好生态旅游,就必须加强对旅游区的生态恢复,人工拔除部分旅游区内的砂仁,特别是旅游点附近的砂仁地,适当栽种一些热带花卉或者观赏植物,这样旅游业可观的经济效益既满足了经济发展的需要,又实现了森林的保护。从长远的经济效益来看,大力发展旅游业是一种良好的可持续发展模式。从对热带林下砂仁的种植,改为热带森林的恢复并开发为旅游资源,对于曼么村特别具有现实意义。

参考文献:

- [1] Guan Yuqin, Dao Zhiling, Cui Jingyun. Evaluation of the cultivation of *Amomum villosom* under tropical forest in southern Yunnan, China[J]. HLEC News and Views, 1995(4): 22~ 28
- [2] 殷寿华. 经济植物引进对热带森林植物多样性的影响——I 砂仁的研究[A]. 云南生物多样性学术讨论会论文集[C]. 昆明: 云南科技出版社, 1993 180~ 188
- [3] 刘宏茂. 西双版纳土地的不同管理利用方式对植物多样性的影响评价探讨[J]. 植物生态学报, 1998, 22(6): 518~ 522
- [4] 张坤. 环境与可持续发展[M]. 北京: 气象出版社, 1997
- [5] 沙丽清, 孟盈, 冯志立. 西双版纳不同热带森林土壤氮矿化和硝化作用的研究[J]. 植物生态学报, 2000, 24(2): 152~ 156
- [6] 张萍, 郭辉军, 杨世雄. 高黎贡山土壤微生物生态分布及其生化特性的研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 74~ 78

作者简介: 高雷(1976~), 男, 硕士。从事热带森林保护与可持续利用研究。

敬告作者

为适应我国信息化建设需要,扩大作者学术交流渠道,本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”。作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意将文章编入该数据库,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。