

云南省自然休闲地与桤木休闲地地上 部分生物量与养分蓄积量的研究

付 洪, 陈爱国

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303)

摘要:通过样方调查和采样,对云南省西盟县新厂乡阿莫村自然条件相似、经历了相同休闲年限的桤木休闲地和自然休闲地的地上部分植被生物量和养分蓄积量进行了比较研究,结果表明,休闲 3a 后,桤木休闲地的休闲效果显著高于自然休闲地。表现在桤木休闲地的地上部分生物量高于自然休闲地,休闲 6a 后,桤木林的地上部分生物量干重达到 $69,640\text{kg}/\text{hm}^2$,是自然休闲地的 4 倍;桤木休闲地 N、P、K 三大营养元素的地上部分蓄积量,经过 2~3a 超过自然休闲地,并在休闲 3a 后显著高于自然休闲地,休闲 6a 后, N 蓄积量达到 $557\text{kg}/\text{hm}^2$,是自然休闲地的 3 倍, P、K 的蓄积量分别达到 $41\text{kg}/\text{hm}^2$ 、 $265\text{kg}/\text{hm}^2$,是自然休闲地的 2 倍。目前研究说明桤木种植有改进轮歇农业的明显作用,具有在类似地区推广应用的价值。

关键词:桤木(*Alnus nepalensis* D. Don);生物量;养分蓄积量;休闲地管理

Accumulation of above-ground biomass and nutrients in swidden fallows: A comparison between planted alder fallows and unmanaged grassy fallows in Yunnan

FU Hong, CHEN Ai-Guo (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2): 209~214.

Abstract: Planting alder (*Alnus nepalensis* D. Don) in swidden fields has long been a traditional fallow management practice in Yunnan province of southwestern China. Farmers may harvest the trees for firewood after about six years or, in the case of longer fallow periods, they may be harvested for timber. To compare the above-ground biomass and nutrient accumulation in planted alder fallows with those of unmanaged grassy fallows, plot measurements were taken in sample fallows in Ximeng county, Yunnan province. The results confirm a higher above-ground biomass in the alder fallows than compared grass fallows of similar ages. Nutrient accumulation in alder fallows exceeds that of grass fallows after two or three years. By six years, the above-ground biomass in alder stands reaches about $69,640\text{kg}/\text{hm}^2$, roughly four times greater than grass fallows. This alder biomass contains $557\text{kg}/\text{hm}^2$ of N, which is three times that of grass fallows, $41\text{kg}/\text{hm}^2$ of P and $265\text{kg}/\text{hm}^2$ of K, both about double the levels found in compared grass fallows. These findings highlight alder's role as an efficient fallow species that both accelerates soil rejuvenation and provides harvestable products.

Key words: alder (*Alnus nepalensis* D. Don); biomass; nutrient accumulation; fallow management

文章编号: 1000-0933(2004)02-0209-06 中图分类号: Q143, Q948, S792.14 文献标识码: A

轮歇农业是东南亚许多山地民族的主要耕作方式,长期以来,广袤的原始森林是这种生产方式的强大支撑。而随着森林减

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39870646)

收稿日期:2002-12-17;修订日期:2003-05-30

作者简介:付洪(1976~),女,湖北省丹江口市人,硕士生。主要从事混农林业方面的研究。E-mail: flood@xtbg.org.cn

致谢:本文在研究过程中得到中国科学院西双版纳热带植物园付永能、毛敬华、秦秀英和加拿大国家大学 Malcolm Cairns 博士及阿莫村村委会、村民的大力帮助与支持,特此致谢

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 39870646)

Received date: 2002-12-17; **Accepted date:** 2003-05-30

Biography: FU Hong, Master candidate, major in agroforestry.

少、人口激增,刀耕火种轮歇地的休闲年限不断缩短,利用强度不断提高,以至对资源过度利用,造成水土流失、土地退化、生物多样性减少等生态问题的产生^[1]。为了缓解环境压力,提高生活水平,农民对传统的刀耕火种进行了改进,加强了对休闲地的管理,以缩短休闲期,提高土地利用率或休闲地的经济价值^[2,3]。而越来越多的社会学家和生物学家已认识到休闲地是许多农业系统的耕作体系里的一个合理而重要的成分,对休闲地进行改良已被推荐为热带“刀耕火种”农业的管理方法之一^[3]。近年来,越南、老挝、印度尼西亚、菲律宾等地独具特色的本土休闲地经营(Indigenous fallow management, IFM)方式已引起了国际上的广泛关注和研究^[4]。

桫欏又名旱冬瓜,属桦木科,桫欏木属,根部寄生固氮细菌,有固氮功能,由于其固氮、速生、适生范围广而被广泛应用于各种农业生态系统中^[5]。在休闲地种植桫欏木是我国云南省西部山区广泛采用的一种 IFM^[6],也是当地重要的薪材、用材来源,具有其独特性。已有相似研究表明,林木本身是轮歇耕作体系中不亚于土壤的养分储存库^[7,8],在休闲地种植人工林,地上部分即可有近一半的生物量回归土壤,对提高地力缩短休闲期有显著作用,并可收获大量木材等副产品提高经济价值^[9]。本文对云南省西盟佤族自治县新厂乡阿莫村的桫欏木休闲地和自然休闲地的地上部分生物量和养分蓄积量进行了调查、采样和比较,旨在探讨桫欏木在当地的轮歇农业中所起的作用,以期这种 IFM 能够为面临相似问题的其他广阔地区提供可能的改进和解决问题的方向、方法和依据。

1 研究内容与方法

1.1 研究地区概况

1.1.1 地理位置 新厂乡位于北纬 22°47′~22°57′,东经 99°25′~99°33′,西以格浪埂堵河、南卡镐河、各浪窝弄河为界与缅甸相望,北以宾来劳山、图来斯岗、土昂洛山、岔头山、土朋伐山、土多考山为界与缅甸接壤。国境线长 35km,总面积 133.84km²。阿莫村位于新厂乡的西南部,处于海拔 1500m 到 2000m 的山区,村西北部、北部与缅甸接壤。

1.1.2 气候特点 四季温差小,平均气温 15.3℃,平均年降水量 2739mm,夏秋 5~10 月份降水占全年的 90%,干湿季分明,气候垂直差异突出,属于中亚热带湿润山区气候类型。

1.1.3 主要的农耕类型 在新厂乡阿莫村的所有农业用地中,水田占 37.83%,台地占 22.56%,轮歇地占 36.75%,其中桫欏木轮歇地占 22.70%,自然轮歇地占 14.05%。

1.2 样方调查

在相近海拔高度选取已休闲 1~14a 的桫欏木休闲地和自然休闲地进行样方调查和采样。

1.2.1 林木生长调查 对休闲了 1~14a 的桫欏木休闲地分别调查了 3~6 块样地,每块地设置 10m×10m 的样方,少数情况复杂的样地设置 20m×20m 的样方,进行每木检尺,测定树高、胸围。并在 1~8a 的休闲地上分别砍伐标准木 3 株,每 2m 检尺,测量茎围,称其干、枝、叶鲜重,并取一定量干、枝、叶样品带回室内,测其干重,求含水率,计算林木材积和干重生物量。

筛选出材积(V)、各器官(干、枝、叶)干重生物量(W_s 、 W_b 、 W_l)、总干重生物量(W_t)与树高、胸径(DBH)的回归关系。本文应用的回归模型如下:

$$\ln V = -4.214 + 2.859 \times \ln(H) + 0.049 \times \ln(DBH) \qquad R^2 = 0.976$$
$$\ln(W_s) = -1.587 + 2.982 \times \ln(H) + 0.063 \times \ln(DBH) \qquad R^2 = 0.969$$
$$\ln(W_b) = -1.493 + 2.188 \times \ln(H) + 0.015 \times \ln(DBH) \qquad R^2 = 0.883$$
$$\ln(W_l) = -1.158 + 1.649 \times \ln(H) \qquad R^2 = 0.864$$
$$\ln(W_t) = -1.039 + 2.568 \times \ln(H) + 0.048 \times \ln(DBH) \qquad R^2 = 0.950$$

1.2.2 自然休闲地灌草生物量调查 对不同休闲年限的自然休闲地分别调查了 3~5 块样地,每块地按 S 形设置 5 个 1m×1m 的小样方,采用收获法收获样方内的所有灌木和草本的地上部分,称其鲜重,并分别取一定量样品,测其干重,求含水率,计算干重生物量。

1.3 休闲地植被地上部分养分蓄积量测定

分别测定林木干、枝、叶样品和灌草样品的氮、磷、钾干物质百分含量,并据此计算每公顷桫欏木休闲地和自然休闲地地上部分的养分蓄积量。采用的测定方法如下:

N $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消解,扩散法;P $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消解,HCl 溶解,ICP-AES 测定;K $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消解,HCl 溶解,ICP-AES 测定

2 结果分析

2.1 地上部分生物量的变化

2.1.1 桫欏木地上部分生物量 由表 1 可以看出随着林龄增长,桫欏木休闲地中的林木密度持续下降,且下降速度逐渐减缓。胸径和树高在前 3a 增长迅速,而后增长减缓。材积和生物量也在前 3a 增长迅速,持续增长 6a 以后开始出现波动,表现为不规

则变化,最高值出现在第12年,平均材积达到126.14m³/hm²,干重生物量达到85,306.8kg/hm²。

表1 桉木生物量随休闲时间的变化
Table 1 Change of Alder above-ground biomass

林龄 Age(a)	密度 Density (trees/hm ²)	胸径 DBH (cm)	树高 Height (m)	材积 Volume (m ³ /hm ²)	生物量干重 Dry weight(kg/hm ²)			
					干 Stems	枝 Branches	叶 Leaves	合计 Total
1	6200 ^a	—	1.1	—	—	—	—	—
<i>n</i> =4	3187 ^b		0.7					
2	3925	2.75	3.4	11.95	6241.6	2167.3	2142.0	11365.4
<i>n</i> =4	1696	1.24	1.1	10.34	5627.6	1525.7	1204.3	9194.3
3	2880	6.79	6.1	36.18	21739.1	5024.2	3773.5	32211.1
<i>n</i> =5	1766	1.84	1.6	13.98	17882.0	3442.8	2315.5	24045.6
4	3425	6.37	6.2	39.15	21658.2	5373.8	4202.1	33385.1
<i>n</i> =4	2813	1.38	1.9	15.90	8825.9	2428.1	2251.3	13767.8
5	2400	8.56	7.8	62.33	35427.1	7309.2	4959.0	49991.1
<i>n</i> =4	559	0.97	0.8	12.72	7561.3	1195.8	740.6	9230.0
6	1900	10.00	9.6	93.58	55080.1	9202.2	5479.1	69640.2
<i>n</i> =6	489	1.62	1.5	20.41	13117.6	1185.5	586.7	12208.2
7	1550	9.79	9.1	60.01	34877.2	6282.4	3899.3	45936.4
<i>n</i> =4	496	1.63	1.5	7.35	5063.7	9.1	385.4	3370.7
8	1233	14.63	10.8	113.27	69391.0	9139.4	4712.1	77744.6
<i>n</i> =4	58	2.88	4.7	117.05	42676.6	7677.1	3097.7	74298.2
10	1287	12.55	11.9	89.25	53968.6	7766.4	4290.1	62902.3
<i>n</i> =5	1008	3.66	4.6	29.20	20687.3	206.7	897.0	12736.8
12	912	16.48	13.0	126.14	77789.7	9774.8	4812.1	85306.8
<i>n</i> =4	371	1.71	0.8	67.58	41727.7	5130.9	2468.4	45164.6
14	687	15.64	13.1	66.59	40638.4	5496.7	2872.9	46128.7
<i>n</i> =3	688	4.14	4.1	11.08	8475.1	302.4	655.8	3435.5

a 平均值 Mean;b 标准差 Standard deviation;*n* 样本容量 Samples size;下同 the same below

2.1.2 自然休闲地的地上部分生物量 由表2可看出,随着休闲时间延长,自然休闲地的地上部分生物量迅速增长,平均每年干重生物量增加2.8t/hm²,尤其3a后增长更加迅速。但由于休闲时间相同的地块之间存在较大差异,只有休闲6a的地块与休闲1~3a的地块在0.05水平上存在显著差异。

2.1.3 地上部分生物量的比较 由图1可以看到,除了1a休闲地中缺乏桉木生物量的数据,休闲了相同时间的桉木休闲地仅桉木的地上部分生物量已明显超出自然休闲地的地上部分生物量,3a桉木林的地上部分生物量已远远超出休闲了6a的自然休闲地。

自然休闲地的地上部分生物量表现为休闲时间的二项式增长,一方面是由于荒草类型的改变和生长量的增加,另一方面则是由于一般在休闲2~4a以后,休闲地中会出现次生的小乔木,树木的生长也促进了休闲地生物量的迅速增长。但是由于农户一般难以从自然休闲地中获益,所以休闲时间比较短,一般不超过8a,因此,自然休闲地的生物量很难有进一步的增长。

2.2 桉木不同器官中营养元素的分布

由表3可以看出桉木各器官以叶的养分含量最高,其氮、磷、钾含量分别达到3.340%、0.221%、1.246%,均极显著高于枝、干中的含量;枝、干中的氮、磷、钾养分含量无显著差异。

2.3 地上部分养分蓄积量的变化

2.3.1 桉木林地上部分养分蓄积量随休闲时间的变化 由表4可以看出,桉木林地上部分的氮、磷、钾蓄积量在前6a持续增加,在第7年开始发生波动,到林龄12a时,养分蓄积量达到最大,林木地上部分的氮、磷、钾总蓄积量分别达到665.4kg/hm²、49.5kg/hm²、326.9kg/hm²。在幼林期,养分在地上部分各器官的蓄积量最多的是叶,其次为干,最少的是枝,而随着干在生物量

表2 自然休闲地生物量随休闲时间的变化

Table 2 Change of grass fallows' up-ground biomass

休闲时间 Age(a)	<i>n</i>	生物量干重 Dry weight (kg/hm ²)	<i>S</i>	差异显著性 Difference significance	
				0.05	0.01
1	3	2974.7	1192.5	a	A
2	5	3575.3	1590.1	a	A
3	3	3770.6	711.5	a	A
4	4	6199.2	1630.4	ab	A
5	3	12854.3	8672.0	ab	A
6	4	16780.5	7166.9	b	A

S 标准差 Standard deviation;*n* 样本容量 Samples size

中所占比例的迅速增长,到第3年、第4年干的养分蓄积量已与叶的养分蓄积量持平,到第5年,干的养分蓄积量已显著高于叶。

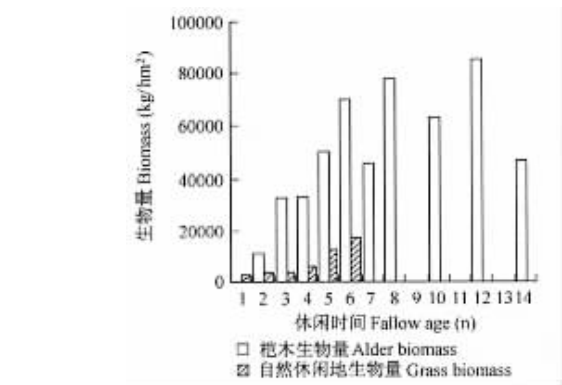


图1 桤木休闲地与自然休闲地的干重生物量的比较
Fig. 1 Contrast of up-ground biomass

表3 桤木各器官的养分含量

Table 3 Nutrients concentrations in alder fallow stands									
器官 Plant part	养分干物质含量								
	Nutrients concentrations of dry matter(%)								
	N	差异显著性		P	差异显著性		K	差异显著性	
		Difference significance			Difference significance			Difference significance	
		0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01
干 Stems n=8	0.557 ^a	a	A	0.044	a	A	0.298	a	A
	0.138 ^b			0.014			0.102		
枝 Branches n=8	0.734	a	A	0.052	a	A	0.356	a	A
	0.158			0.019			0.125		
叶 Leaves n=8	3.340	b	B	0.221	b	B	1.246	b	B
	0.342			0.032			0.256		

表4 桤木林养分蓄积量的变化

Table 4 Estimated nutrient accumulations at alder fallow stands												
林龄 Age (a)	养分蓄积量 Nutrient accumulations(kg/hm ²)											
	N				P				K			
	干 Stems	枝 Branches	叶 Leaves	合计 Total	干 Stems	枝 Branches	叶 Leaves	合计 Total	干 Stems	枝 Branches	叶 Leaves	合计 Total
1 n=4	—	—	—	13.6 ^a 7.3 ^b	—	—	—	0.9 0.8	—	—	—	5.6 1.2
2 n=4	34.5 31.3	15.9 11.2	71.5 40.2	122.2 ^a	2.7 2.5	1.1 0.8	4.7 2.7	8.6	18.6 16.8	7.7 5.4	26.8 14.9	53.0
3 n=5	121.0 99.5	36.9 25.2	126.0 77.3	283.9	9.5 7.8	2.6 1.8	8.3 5.1	20.4	64.9 53.3	17.9 12.3	47.0 28.8	129.8
4 n=4	125.9 49.1	39.4 17.8	140.3 75.2	300.3	9.4 3.8	2.8 1.3	9.3 4.9	21.5	64.6 26.4	19.1 8.6	52.3 28.0	136.1
5 n=4	197.2 42.1	53.6 8.8	165.6 24.7	416.4	15.4 3.3	3.8 0.6	10.9 1.6	30.1	105.8 22.6	26.0 4.3	61.8 9.3	193.5
6 n=6	306.6 73.0	67.5 8.7	182.9 19.6	557.1	24.0 5.7	4.7 0.6	12.1 1.3	40.8	104.1 39.2	32.8 4.3	68.2 7.3	265.4
7 n=4	194.1 28.2	46.1 6.7	130.2 12.8	370.4	15.2 2.2	4.7 0.6	8.6 0.9	27.0	104.1 15.1	22.3 0.1	48.6 4.8	175.0
8 n=4	386.2 41.1	67.0 56.3	157.4 103.4	610.6	30.2 29.8	4.7 3.9	10.4 6.8	45.3	207.1 220.3	32.5 27.2	58.7 38.6	298.3
10 n=5	300.4 115.2	57.1 1.5	143.3 29.9	500.6	23.5 9.0	4.0 0.1	9.5 2.0	36.9	161.1 61.8	27.6 0.9	53.4 11.1	242.2
12 n=4	432.9 232.3	71.7 37.6	160.7 82.4	665.4	33.8 18.2	5.0 2.6	10.6 5.4	49.5	232.2 124.6	34.8 18.3	59.9 30.7	326.9
14 n=3	226.2 47.2	40.1 2.2	95.9 21.9	362.5	17.7 3.7	2.8 0.2	6.3 1.5	26.8	121.3 25.3	19.3 1.1	35.8 8.2	176.7

2.3.2 自然休闲地植被养分含量的变化 由表5可以看出,除了3a的自然休闲地养分含量比2a的自然休闲地略高,随着休闲时间延长,自然休闲地植被的干物质养分含量呈现出显著的下降趋势,尤其是钾的含量下降极显著,4~6a的自然休闲地与1~3a的自然休闲地之间形成了极显著差异。

2.3.3 自然轮歇地养分蓄积量随时间的变化 根据表6可以看出,氮、磷、钾的蓄积量随着休闲时间延长都表现出增加趋势,由于经过了相同休闲时间的地块之间存在较大差异,致使这种增加趋势在时间轴上并不是十分显著。氮和磷的蓄积量仅休闲了6a的地块与休闲了3a的地块在0.05水平上差异显著;而钾的蓄积量在休闲了不同时间的地块之间没有显著差异。

2.3.4 养分蓄积量的比较 由图2~图4可以看出,开始休闲时,自然休闲地的养分蓄积量明显高于桤木的养分蓄积量,经过

2a 休闲,桉木的养分蓄积量已与自然休闲地的基本持平,尤其是氮蓄积量已明显超出自然轮歇地的,休闲 3a 以后,桉木的养分蓄积量尤其是氮的蓄积量已明显高于自然轮歇地的。

与自然休闲地相比,桉木林对氮的蓄积随着生物量的增长也迅速攀升,而对磷、钾的蓄积量增长则相对较缓。以休闲 6a 为例,桉木林生物量已达到自然休闲地植被生物量的 4 倍,氮蓄积量达到自然休闲地的 3.2 倍,而磷、钾的蓄积量则分别是自然休闲地的 2.1 倍和 1.9 倍,这说明桉木所具有的固氮功能加速了对氮的蓄积。

表 5 自然轮歇地植被的干物质养分含量

Table 5 Nutrients concentrations of fallow-grass dry matter									
自然轮歇地植被的干物质养分含量									
休闲 时间 Age (a)	Nutrients concentrations of fallow-grass dry matter(%)								
	N	差异显著性		P	差异显著性		K	差异显著性	
		Difference significance			Difference significance			Difference significance	
		0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01
1	1.539 ^a	a	A	0.243	a	A	1.893	a	A
n=3	0.109 ^b			0.053			0.184		
3	1.374	ab	A	0.189	ab	A	1.588	ab	AB
n=3	0.069			0.03			0.238		
2	1.304	ab	A	0.163	ab	A	1.401	b	AB
n=5	0.147			0.053			0.132		
4	1.185	b	A	0.129	b	A	0.904	c	B
n=4	0.043			0.012			0.187		
5	0.963	b	A	0.13	b	A	0.953	c	B
n=3	0.309			0.057			0.043		
6	1.001	b	A	0.115	b	A	0.838	c	B
n=4	0.101			0.035			0.098		

表 6 自然休闲地的养分蓄积量变化

Table 6 Estimated nutrient accumulations at grass fallow									
养分蓄积量 Nutrient accumulations(kg/hm ²)									
休闲 时间 Age (a)	N	差异显著性		P	差异显著性		K	差异显著性	
		Difference			Difference			Difference	
		significance			significance			significance	
		0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01
1	45.1 ^a	a	A	7.5	a	A	57.4	a	A
n=3	15.1 ^b			4.5			28.1		
2	49.3	a	A	7.7	a	A	59.8	a	A
n=5	14.3			3.2			9.8		
3	51.6	a	A	7.0	a	A	60.7	a	A
n=3	7.2			0.2			20.3		
4	73.6	ab	A	8.0	ab	A	54.2	a	A
n=4	20.6			2.3			6.8		
5	115.1	ab	A	13.6	ab	A	122.9	a	A
n=3	80.4			4.8			85.8		
6	171.6	b	A	19.3	b	A	137.1	a	A
n=4	88.6			8.8			43.7		

3 讨论

3.1 桉木林生物量与养分蓄积量不规则变化成因

桉木林生物量与养分蓄积量在前 6a 持续增长,6a 后则表现为不规则变化,究其原因,桉木生长迅速,可燃性好,是当地重要的薪材来源,一般经过 5~6a 以后就开始进行间、择伐,砍去部分树木以作薪材或其他用途,此后每 1~3a 间、择伐 1 次,造成了生物量和养分蓄积量在 6a 后的波动,之后的林木密度下降也主要是由于间、择伐形成的。

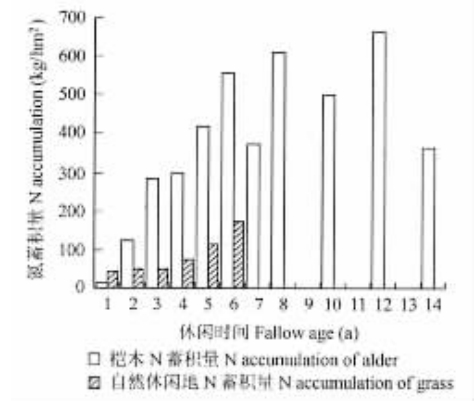


图 2 氮蓄积量的比较

Fig. 2 Contrast of N accumulations

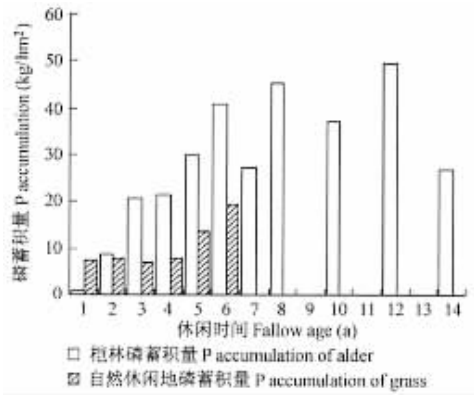


图 3 磷蓄积量的比较

Fig. 3 Contrast of P accumulations

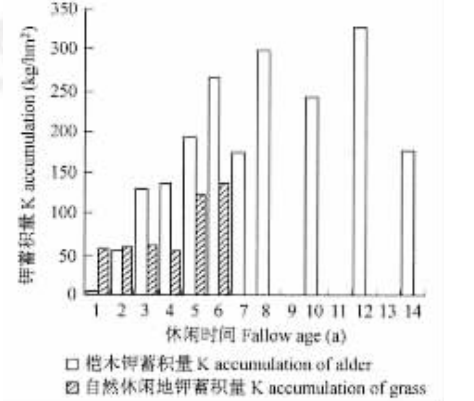


图 4 钾的蓄积量比较

Fig. 4 Contrast of K accumulations

3.2 桫欏木休闲地和自然休闲地的休闲效率的比较

仅从生物量的角度考虑,桫欏木休闲地的休闲效率已远远高于自然休闲地的休闲效率。忽略林下的草本、灌木以及地下部分生物量,即使桫欏木林只有一半地上部分的生物量归还土壤^[9],同样经历了 6a 休闲的桫欏木林也比自然休闲地归还的生物量更多。从实际情况来看,桫欏木林下草本生长十分茂盛,而农户每年会刈草 1~2 次,几乎全部都回归了土壤,所归还的生物量也十分可观^[10,11],极大地促进了轮歇地的养分循环^[12]。

从氮的归还量考虑,仍以 6a 休闲地为例,桫欏木林枝叶部分所蓄积的氮达到 250.4 kg/hm²,显著高于自然休闲地地上部分的全部氮蓄积量 171.6 kg/hm²,桫欏木林所能归还的氮远远高于自然休闲地所能归还的量;而且由于桫欏木作为一种非豆科固氮树种,凋落物含氮量更高,C/N 更低,分解更迅速,能够释放更多氮到土壤中,形成的有机质质量也更高^[13]。

从磷的归还量考虑,若是桫欏木林归还地上部分现存量的一半磷蓄积量^[9],6a 桫欏木林平均可达到归还 20.4 kg/hm² 的水平,而 6a 的自然休闲地归还地上部分全部磷蓄积量可达到 19.3 kg/hm² 的水平,二者相差不大。据研究,非豆科固氮树种凋落物所含氮、磷在凋落前返回树干和根部的比例相当低^[14],有更多的磷返回到土壤中参与下一轮的循环。若是考虑到凋落物的贡献,桫欏木林在磷的归还量方面也明显优于自然休闲地^[12]。

再从钾的归还量考虑,若是桫欏木林归还地上部分现存量的一半钾蓄积量^[9],6a 桫欏木林平均可达到归还 132.7 kg/hm² 的水平,6a 的自然休闲地归还全部磷蓄积量平均可达到 137.1 kg/hm² 的水平,二者无显著差异。

桫欏木休闲地的休闲效率明显高于自然休闲地,而且可以获得大量的薪材和其他用材,取得一定的经济收益,是一种值得推广的 IFM。

References:

- [1] Wu Zh M, Zhou G Y. Ecological effect of slash and burn cultivation in the tropics of China. *Ambio*,1996,**25**(3):131~136.
- [2] Van Noordwijk M, Hairiah K, Guntro B, *et al.* Biological management of soil fertility for sustainable agriculture on acid upland soils. *Agrivita*,1996,**19**:131~136.
- [3] Montagnini F and Mendelsohn R O. Management of forest fallows: Improve the economic benefit of slash-and-burn cultivation. *Ambio*,1997,**26**(2):115~119.
- [4] Cairns M and Garrity D P. Improving shifting cultivation in Southeast Asia by building on indigenous fallow management strategies. *Agroforestry System*,1999,**47**:37~48.
- [5] Guo H J, Shun K M. Types of agroforestry systems. In: Guo H J. *Agroforestry systems in Baoshan, Yunnan, Southwest China*. Kunming: Yunnan University Press,1993. 59~69.
- [6] Guo H J and Padoch C. Patterns and management of agroforestry systems in Yunnan, An approach to upland rural development. *Global Environmental Change*,1995,**5**(4):273~279.
- [7] Greenland D J and Kowal J M L. Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. *Plant and Soil*,1960,**12**(2):154~174.
- [8] Nye P H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil*,1961,**13**(4):333~346.
- [9] Somarriba E and Kass D. Estimates of above-ground biomass and nutrient accumulation in *Mimosa scabrella* fallow in southern Brazil. *Agroforestry System*,2001,**51**:77~84.
- [10] Zeng X B, Liu G L. Effect of cutting on vegetation composition and soil properties. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2000,**11**(1):57~60.
- [11] Zhu W Z, Xue J H, Wang J X, *et al.* Studies on the stand biomass and distribution nutrients of *Alnus formosana* plantation. *Journal of Nanjing Forestry University* (natural science edition),2002,**26**(2):15~20.
- [12] Swamy P S and Ramakrishnan P S. Contribution of *Mikania micrantha* during secondary succession following slash-and burn agriculture (jhum) in northeast India II. nutrient cycling. *Forest Ecology and Management*,1987,**22**(3,4):239~249.
- [13] He X Y, Zhou Sh Q, Yang S H, *et al.* Roal of nitrogen-fixing trees in mixed forest III. Leaf litter decomposition and its N release of nitrogen-fixing tree species. *Chinese Journal of Applied Ecology*,1999,**10**(4):404~406.
- [14] He X Y, Zhang Ch G, Yang S H, *et al.* Role of nitrogen-fixing trees in mixed forest II. Seasonal variation patterns of N and P contents in leaves of nitrogen-fixing trees. *Chinese Journal of Applied Ecology*,1997,**8**(3):235~239.

参考文献:

- [1] 吴仲民,周光益. 中国热带地区“刀耕火种”的生态后果. *Ambio*,1996,**25**(3):131~136.
- [3] Montagnini F and Mendelsohn R O. 管理森林休闲地:提高“刀耕火种”农业的经济效益. *Ambio*,1997,**26**(2):115~119.
- [5] 郭辉军,孙开明. 林粮轮作系统类型. 见:郭辉军主编. 云南省保山地区混农林系统调查研究,昆明:云南大学出版社,1993. 59~69.
- [10] 曾希柏,刘更另. 刈割对植被组成及土壤有关性质的影响. 应用生态学报,2000,**11**(1):57~60.
- [11] 朱万泽,薛建辉,王金锡,等. 台湾桫欏木林分生物量与营养元素的分布. 南京林业大学学报(自然科学版),2002,**26**(2):15~20.
- [13] 何兴元,赵淑清,杨思河,等. 固氮树种在混交林中的作用研究 III. 固氮树种凋落物分解及氮的释放. 应用生态学报,1999,**10**(4):404~406.
- [14] 何兴元,张成刚,杨思河,等. 固氮树种在混交林中的作用研究 II. 固氮树木叶部 N、P 养分动态特征. 应用生态学报,1997,**8**(3):235~239.