

# 厚荚相思人工林生物量和生产力的研究

秦武明<sup>1</sup>, 何 斌<sup>1</sup>, 覃世赢<sup>2</sup>

(1. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530004; 2. 广西林业勘测设计院, 广西 南宁 530011)

**摘 要:** 根据广西高峰林场界牌分场 4.5 a 的定位观测材料, 对 1.5~4.5 a 生厚荚相思人工林的生物量和生产力进行了研究。结果表明, 除树叶和活枝外, 林分平均木及林分各器官生物量均随林分年龄的增加而增大。1.5、2.5、3.5、4.5 a 生的林分乔木层生物量分别为 10.64、28.70、42.15、75.45 t · hm<sup>-2</sup>, 林分乔木层净生产力分别为 7.951、16.357、17.145、21.554 t · hm<sup>-2</sup> · a<sup>-1</sup>, 林下植被生物量也有相似的变化趋势。林龄增加, 干材、干皮和枯枝的组成比例增加, 树叶、活枝、粗根和细根则呈下降趋势。

**关键词:** 厚荚相思; 生物量; 生产力

中图分类号: S718.521      文献标识码: A      文章编号: 1001-7461(2008)02-0017-04

Biomass and Productivity in *Acacia crassicarpa* Plantation

QIN Wu-ming<sup>1</sup>, HE Bin<sup>1</sup>, QIN Shi-ying<sup>2</sup>

(1. Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China;

2. Guangxi Forest Inventory & Planning Institute, Nanning, Guangxi 530011, China;)

**Abstract:** Biomass and productivity in *Acacia crassicarpa* plantation were investigated based on the data of position observation during 4.5 years' in Jiepai Branch of Guangxi Gaofeng Forestry Farm. The results showed that except the leaves and the living branches, the biomass of the average trees and their organs increased with the forest age. The tree layer' biomass of 1.5 a, 2.5 a, 3.5 a, 4.5 a stands were 10.64 t · hm<sup>-2</sup>, 28.70 t · hm<sup>-2</sup>, 42.15 t · hm<sup>-2</sup> and 75.45 t · hm<sup>-2</sup> respectively, and the tree layer' productivities of 1.5 a, 2.5 a, 3.5 a, 4.5 a stands were 7.951 t · hm<sup>-2</sup> · a<sup>-1</sup>, 16.357 t · hm<sup>-2</sup> · a<sup>-1</sup>, 17.145 t · hm<sup>-2</sup> · a<sup>-1</sup> and 21.554 t · hm<sup>-2</sup> · a<sup>-1</sup> respectively, meanwhile the biomass of understory vegetation exhibited the same trends. With the increment of the plantation age, the proportion of stem, bark and dead branches increased, while the of leaves, living branches, coarse roots and fine roots presented the negative trends.

**Key words:** *Acacia crassicarpa*; biomass; productivity

厚荚相思(*Acacia crassicarpa*)又名粗果相思, 属含羞草科, 为常绿乔木, 原产澳大利亚、巴布亚新几内亚和印度尼西亚等地, 具有与马占相思相似的速生、干形较直、耐干瘠、抗逆性强等特点。木材可作纤维、纸浆和建筑、造船等用, 是一种多功能的速生用材树种<sup>[1-2]</sup>。1985 年由中国林业科学研究院林业研究所从澳大利亚引种我国, 1999 年以后, 广东、广西、海南和福建等省(区)开始在南方红壤、水土严重流失地、松杉低产林、次生林、残次林及宜林荒山

大规模推广营造, 并取得了良好的经济和生态效益, 成为桉树人工林多代连栽而引起地力衰退后的重要替代树种之一。随着厚荚相思引种成功和种植面积的不断扩大, 国内有关厚荚相思人工林研究的报道也日益增多<sup>[1-6]</sup>, 其中苏金德、韩金发等对沿海沙地厚荚相思的生长特性进行了研究<sup>[7-8]</sup>, 但有关厚荚相思人工纯林的生物量和生产力的报道很少<sup>[9-10]</sup>。因此, 本文通过对 1.5~4.5 a 生厚荚相思人工林的生物量和生产力的研究, 以揭示厚荚相思人工林生长

(2) 收稿日期: 2007-07-05 修回日期: 2008-01-08  
基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目(04EFN214500236); 广西自然科学基金项目(桂科自 0640018); 广西“十五”林业科学研究项目(2002-59)和广西教育厅科研基金项目(2006-26)。  
作者简介: 秦武明(1953-), 男, 广西博白人, 副教授, 从事林学、生态学的教学与研究工作。

过程中生物量和生产力的积累特点和变化趋势,以期为厚荚相思人工林的经营管理提供科学依据。

## 1 试验地概况

试验地位于广西南宁市国有高峰林场界牌分场,地理位置为 108°21'E,22°58'N,属亚热带季风气候,年平均温度 21.8℃,极端最高气温 40℃,≥10℃年积温约 7 200℃,年平均降雨量约 1 350 mm,降雨多集中在 5~9 月,相对湿度大约 79%,年日照时数 1 450~1 650 h<sup>[11]</sup>。标准地均位于山坡中下部,西南坡,坡度 25~28°,土壤类型为砂页岩发育形成的赤红壤,土层厚度在 80 cm 以上,腐殖质层厚度 15~20 cm。

试验地前茬林分为杉木(*Cunninghamia lanceolata*)纯林,并于 2000 年 12 月采伐,经炼山整地后,于 2001 年 5 月用厚荚相思实生苗定植,造林密度为 1 140 株·hm<sup>-2</sup>。种植前土壤较贫瘠,0~40 cm 土层有机质、全 N 和全 P 含量分别为 18.01、0.76、0.30 g·kg<sup>-2</sup>。经林分自疏和间伐后,不同林分年龄厚荚相思人工林林分特征见表 1。

表 1 厚荚相思人工林林分特征

Table 1 Stand feature of *A. crassicarpa* plantation

林分年龄 /a	密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )	平均胸径 /cm	平均树高 /m	郁闭度
1.5	1 000	5.7	6.1	0.5
2.5	943	9.0	8.7	0.7
3.5	845	11.5	11.0	0.7
4.5	830	14.0	13.0	0.8

## 2 研究方法

### 2.1 试验地的设置与林分生物量测定

在厚荚相思试验林中设置 5 个 350 m<sup>2</sup> 的固定标准地,并对标准地内的每株树木进行编号,每年 11 月测定标准地内树木的树高和胸径。根据林分生长调查结果,同时为了不破坏试验地的林分,每年均在标准地外围选择代表平均值的 5 株标准木(平均木),采用收获法测定标准木的生物量,地上部分采用 Monsic 分层切割法,每 2 m 为一区分段,分干材、干皮、树枝、树叶,地下部分(根系)采用全根挖掘法,分根兜、粗根(根系直径≥2.0 cm)、中根(0.5~2 cm)、细根(<0.5 cm),野外测定鲜重。采集各组分部分样品 200~300 g,带回实验室内在 85℃ 恒温下烘至恒重。由样品干重换算出标准木的生物量,然后建立树木各组分(树叶、树枝、干材、树皮和

树根)同胸径的回归模型,用该回归模型计算林分的生物量,以年平均增长量作为净生产力的估测指标<sup>[11]</sup>。

### 2.2 林下植被生物量调查

在各标准地上,分别设置 5 个 1 m×1 m 的小样方,采用样方收获法测定林下植被生物量,即在调查样方内所有植被种类及数量基础上,收集样方内的灌木和草本,分别按灌木和草本称重后,带回室内烘干测定。

### 2.3 凋落物的测定

凋落物采用直接收集方法,在每个标准地内按上、中、下位置各设一个固定收集器,每月月底收集凋落物 1 次,带回室内,按叶、枝、花果和杂物等组分烘干测定生物量。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同林分年龄平均木生物量及其分配

从表 2 可见,不论是标准木的平均单株生物量还是各不同器官的生物量,均随着林分年龄的增加而增大,1.5~4.5 a 生平均木单株生物量分别达到 10.64、30.44、49.88 kg 和 91.67 kg,表现出厚荚相思的速生特性。其中干材所占的比例最高,占全株生物量的 26.95% 以上,并随林分年龄的增加而增大,至 4.5 a 生时占全株生物量达到 47.63%。就树冠(树枝和树叶)生物量而言,其所占平均单株生物量的比例以 1.5 a 生最大,然后随林分年龄的增加而减少。

从表 2 还可看出,不同林分年龄各器官生物量及其分配的大小的排列顺序存在明显的差异,1.5 a 生为干材>树枝>树叶>根兜>干皮>粗根>枯枝>中根>细根,2.5 a 生为干材>活枝>根兜>树叶>干皮>粗根>枯枝>中根>细根,3.5 a 生为干材>根兜>活枝>干皮>树叶>枯枝>粗根>中根>细根,4.5 a 生为干材>枯枝>干皮>活枝>根兜>树叶>粗根>中根>细根。不同林分年龄各器官的生物量分配变化趋势而言,从 1.5~4.5 a 生,树叶的下降趋势最明显,由 17.43% 下降到 5.87%,其次是活枝,由 26.46% 下降到 10.32%,但枯枝恰好相反。树叶、枝条的这种变化规律是因为厚荚相思林由 1.5 a 生长到 4.5 a 生过程中,随着林分年龄增加,林分郁闭度增大,林木经过自然整枝,枝条开始枯死、脱落,其活枝的生物量增长量降低,表明随着林分年龄的增加,厚荚相思各器官的生物量组成发生变化,树叶、活枝的比例逐步下降,干材的比例逐步增加。

表 2  厚英相思人工林生物量及其分配\*

Table 2  Biomasses and its distribution of single tree of *A. crassicarpa* plantation

林分年龄 /a	平均木生物量/(kg·株 <sup>-1</sup> )									
	树叶	活枝	枯枝	干皮	干材	根莖	粗根	中根	细根	合计
1.5	1.85 17.43	2.82 24.46	0.22 2.02	0.86 8.08	2.86 26.95	1.35 12.69	0.53 4.93	0.11 1.06	0.04 0.38	10.64 100
2.5	3.89 12.76	5.61 18.43	1.27 4.18	2.58 8.49	11.03 36.23	4.07 13.36	1.40 4.60	0.50 1.64	0.09 0.31	30.44 100
3.5	4.28 8.58	6.23 12.48	3.23 6.47	4.53 9.08	22.01 44.13	6.58 13.19	2.01 4.04	0.88 1.75	0.13 0.26	49.88 100
4.5	5.39 5.87	10.84 11.41	9.63 10.72	9.83 10.73	43.29 47.23	8.33 9.09	3.45 3.76	0.95 10.36	0.15 0.16	91.67 100

注:表中的分子为生物量,分母为所占百分比。

3.2  不同林分年龄人工林林分生物量及其分配

乔木层是人工林生态系统中最大的物质生产者,它的生物量特点直接反映了林分有机物质生产与积累水平。从表 1 和表 3 可见,虽然随林分年龄的增大,林分密度减少(尤其是 3.5 a 生,由于受当年大风等影响,调查时其林分密度比 2.5 a 生减少 11.60%),但林分生物量却与其平均木表现出相同的变化趋势,即随林分年龄的增大而相应增加,4.5 a 生马占相思林的林分生物量达到 75.45 t·hm<sup>-2</sup>,分别是 1.5、2.5 和 3.5 a 生的 6.70、2.59 和 1.77 倍,其中生产上最为关心的经济生物量即干材(本文未将干皮列入经济生物量)为 35.63 t·hm<sup>-2</sup>,分别是 1.5、2.5 和 3.5 a 生的 12.46、3.42 和 1.92 倍,可见干材生物量增长速度要高于林分生物量的增长速度,同时也表明厚英相思即使在比较贫瘠的林地上也有较高的生物量水平。

从林分生物量组成比例看(表 3),虽然厚英相思平均木单株不同器官生物量均随林分年龄的增加而增大,但由于林分密度不同,林木不同器官及不同林分年龄之间的增长速度存在较大差异。林木各器官生物量在 1.5~2.5 a 生过程中均成倍增加,但在

2.5~4.5 a 生过程中的变化明显不同,枯枝在 2.5~4.5 a 生过程中生物量成倍增加,干材、干皮、根莖和粗根的生物量累积也很快,但树叶、细根和吸收根的生物量累积作用较弱,其中树叶和树枝由于受到林分密度急剧下降的影响,它们的生物量在 2.5~3.5 a 生过程中呈现下降趋势。

从表 2 和表 3 还可看出,不同林龄厚英相思均有比较发达的根系,其所占比例均达到 14.04% 以上,与其他速生树种相比,远高于相近林分年龄的刚果桉<sup>[12]</sup>,相当或略高于的马尾松、杉木和马占相思等速生树种<sup>[13-15]</sup>,而在各根系种类生物量分配中,不同林龄厚英相思人工林均以直径大于 2.0 cm 根莖和粗根为主,它们的生物量分别占全部根系的 64.70%~68.67% 和 20.08%~27.15%;其次是直径 0.5~2.0 cm 的中根,占 5.42%~9.09%;最小是<0.5 cm 的细根,仅占 1.12%~1.97%。厚英相思根系所具有的生物学特征,也是其具有与马占相思相似的速生特性<sup>[15]</sup>,并能够在比较干旱瘠薄的土壤上正常生长的重要原因之一,同时也为林地土壤形成各种由大量腐根所产生的各种孔隙因而改善土壤结构和物理性状提供了基础条件。

表 3  厚英相思人工林分乔木层生物量及其分配

Table 3  Stand biomasses and its distribution of arborous layer of *A. crassicarpa* plantation

林分年龄 /a	林分生物量/(t·hm <sup>-2</sup> )									
	树叶	活枝	枯枝	干皮	干材	根莖	粗根	中根	细根	合计
1.5	1.85	2.82	0.22	0.86	2.86	1.35	0.53	0.11	0.04	10.64
2.5	3.67	5.29	1.20	2.43	10.40	3.84	1.32	0.47	0.08	28.70
3.5	3.62	5.26	2.73	3.83	18.60	5.59	1.70	0.74	0.11	42.15
4.5	4.47	9.00	7.99	8.16	35.93	6.91	2.90	0.75	0.12	76.23

3.3  不同林分年龄林下植被的生物量及其分配

林下植被是人工林生态系统的的重要组成部分,它在促进人工林养分循环,恢复和维护地力中起

着不可忽视的作用。根据厚英相思人工林林下植被种类的特点,本研究分为灌木层、草本层和死地被物层进行测定(表 4)。从表 4 可看出,厚英相思林林

下植被生物量随林分年龄的增加而增大,其中死地被物层生物量增加较明显,年增加量均在  $1.51\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$  以上,增加幅度超过  $41.71\%$ ;活地被物的增长幅度虽然多数小于死地被物层,但其中的灌木层生物量的增长趋势较明显,年增加量在  $0.71\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$  以上,增长幅度也达到  $37.98\%$  以上;而从  $1.5\sim2.5\text{ a}$ ,草本层生物量明显增加,但此后随林龄的增加呈现下降趋势。而从林下植被的生物量分配来看,从  $1.5\sim4.5\text{ a}$  生,死地被物生物量所占比例由  $31.20\%$  上升至  $57.51\%$ ,呈明显的增加趋势;灌木层生物量所占比例也有相同的变化趋势,由  $13.$

$07\%$  上升到  $21.88\%$ ,而草本层生物量所占比例由  $55.73\%$  下降为  $20.61\%$ ,呈明显的下降趋势。其原因主要在于在原杉木林地营造厚荚相思林的初期,林分郁闭度较小,林地土壤也较贫瘠,比较有利于耐瘠薄的草本类植物生长发育,生物量也较大,随着林木的生长,林分逐渐郁闭,草本类林下植被生长受到抑制,因而其生物量呈下降趋势;灌木类植物生长周期长,受到的影响较小;而死地被物层则由于厚荚相思具有较大的凋落物量因而逐渐积累。厚荚相思人工林林下植被的这种变化规律有利于厚荚相思人工林群落结构、生物多样性和林地土壤肥力的改善。

表 4 厚荚相思人工林林下植被生物量及其分配

林分年龄 /a		活地被物/( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )					死地被物/( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	
		灌木层		草本层		小计	生物量	比例/%
		生物量	比例/%	生物量	比例/%	生物量		
1.5		0.49	13.07	2.09	55.73	2.58	1.17	31.20
2.5		1.28	15.88	3.16	39.20	4.44	3.62	44.91
3.5		2.03	20.16	2.91	28.90	4.94	5.13	50.94
4.5		2.74	21.88	2.58	20.61	5.32	7.20	57.51

3.4 不同林分年龄林分乔木层净生产力

本文用年平均生物量作为净生产力的指标,由于没有将枯枝落叶层生物量、根系损失量和动物啃食量等计算在内,所得到的净生产力要比实际低。表 5 表明,除  $1.5\text{ a}$  的年均净生产力相对较低外, $2.5\sim4.5\text{ a}$  的年均净生产力均较高,都达到  $11.480\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$  以上,并随林分年龄的增加而增大。而与其他速生树种相比,除低于相近林分年龄的福建永安尾巨桉人工林<sup>[16]</sup>,要远高于马尾松和杉木人工林<sup>[13-14]</sup>,表现出厚荚相思即使在较贫瘠的林地上仍然具有较高的生物量水平。而从厚荚相思人工林不同器官的净生产力看,生物量积累速度最快的是

干材,为  $4.160\sim7.984\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ,随林分年龄的增加而增大;其次是活枝、根莖、树叶、干皮和枯枝,分别为  $1.503\sim2.116$ 、 $1.536\sim1.597$ 、 $0.993\sim1.468$ 、 $0.972\sim1.813$ 、 $0.480\sim1.766\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ;生物量积累速度最慢的是中根和细根,分别为  $0.073\sim0.211\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $0.027\sim0.032\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。从  $1.5\sim2.5\text{ a}$ ,各器官净生产力均呈现明显增长趋势,但从  $2.5\sim4.5\text{ a}$ ,不同器官净生产力的变化趋势存在明显的差异,干材、干皮和枯枝的净生产力呈现明显的增长趋势,与林分净生产力的变化趋势相一致;活枝、根莖和粗根基本稳定;而树叶、中根和细根则呈现一定程度上的下降趋势。

表 5 厚荚相思人工林乔木层净生产力及其分配

林分年龄 /a		乔木层净生产力/( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ )								
		树叶	活枝	枯枝	干皮	干材	根莖	粗根	中根	细根
1.5		1.233	1.800	0.147	0.573	1.907	0.900	0.353	0.073	0.027
2.5		1.468	2.116	0.480	0.972	4.160	1.536	0.528	0.188	0.032
3.5		1.034	1.503	0.780	1.094	5.314	1.597	0.486	0.211	0.031
4.5		0.993	2.000	1.776	1.813	7.984	1.542	0.644	0.167	0.027

人民卫生出版社, 1990:777.

[4] 苏文华,张光飞,庞慧仙,等.光照条件对旱冬瓜种子萌发和幼苗生长的影响[J].云南林业科技,2003(2):8-10.

[5] 代玉梅,曹军,唐晓萌,等.高黎贡山旱冬瓜 *Frankia* 的 IGS PC-RFCP 分析[J].应用生态学报,2004,15(2):186-190.

[6] 杨礼攀,叶其炎,杨树华,等.磷矿开采废弃地旱冬瓜群落特征及对植被恢复的讨论[J].云南大学学报:自然科学版, 2004, 26 (增刊): 234-237.

[7] 田长城,周守标,蒋学龙.黑长臂猿栖息地旱冬瓜和潺槁木姜子种群分布格局和动态[J].应用生态学报,2006, 17( 2):167-170.

[8] 唐小萌,代玉梅,熊智,等.自然环境胁迫对旱冬瓜 *Frankia* 菌基因多样性的影响[J].应用生态学报, 2003,14(10) :1 743-1 746.

[9] 熊智,李文军,张忠泽,等.海拔对旱冬瓜共生固氮放线菌基因多样性的影响[J].西南林学院学报, 2001,21(4):205-209.

[10] 刘爱荣,吴德友,李立俊.旱冬瓜(*Alnus nepalensis*)天然林阻

火功能的初步研究[J].森林防火,1996(1):11-13.

[11] 沈立新.喜马拉雅地区山地旱冬瓜轮歇与间作系统研究[J].中国生态农业学报,2003 ,11(1) :148-149.

[12] 李文军,唐自明,朱成兰,等.傣药旱冬瓜的生药学研究[J].云南中医中药杂志, 1999,20(4) :23-24.

[13] 上官铁梁,张红,席玉英,等.珍稀濒危植物矮牡丹体内矿质元素的研究[J].植物研究,2001,21(2):262-265.

[14] 余博,马养民,孔阳,等.杆柳茎化学成分的研究[J].西北林学院学报,2005,20(3):145-146.

[15] 孙凡,钟章成.重庆缙云山四川大头茶常绿阔叶林重金属元素的累积与生物循环[J].中国环境科学, 1998, 18 (2): 111 - 116.

[16] 李国胜,樊金拴.巴山冷杉化学成分的初步研究[J].西北林学院学报,2005,20(3):142-144.

[17] 王杨科,耿会玲,江海.红腹锦鸡卵蛋白质和卵壳矿质元素含量测定[J].西北林学院学报,2006,21(6):73-76.

(上接第 20 页)

## 4 结论与讨论

厚英相思人工林 1.5~4.5 a 生林分乔木层生物量分别为 10.64、28.70、42.15 t·hm<sup>-2</sup>和 76.23 t·hm<sup>-2</sup>,随林分年龄的增大而逐步积累,其中经济生物量即干材(去皮)分别为 2.86、10.40、18.60 t·hm<sup>-2</sup>和 35.93 t·hm<sup>-2</sup>。厚英相思人工林林下植被比较丰富,其生物量随林分年龄的增加而增大;其中死地被物层和灌木层生物量随林分年龄的增加呈明显增大的趋势,而草本层生物量则呈现先升高(1.5~2.5 a)后下降(2.5~4.5 a)的变化趋势。可见,厚英相思人工林生态系统的自肥能力也随林分年龄的增大而增强,也更有利于林木的生长发育。

厚英相思人工林分乔木层净生产力分别为 7.093、11.480、12.042 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>和 16.940 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,随林木生长过程而增大。表明 4.5 a 生厚英相思林未达到成熟,还应加强抚育管理,才能充分地合理利用林地生产力。随林分年龄的增大,不同器官净生产力及其分配的变化趋势存在明显的差异,干材、干皮和枯枝的净生产力呈现明显的增长趋势,与林分净生产力的变化趋势相一致;活枝、根莖和粗根的变化幅度较小;而树叶、中根和细根则呈现一定程度上的下降趋势。表明随着林分年龄的增加,厚英相思各器官的生物量组成发生变化,逐步由树叶、干皮等转移到干材上,因而有利于经济效益的提高,但厚英相思人工林成熟期和合理采伐期的确定,还有待于进一步的研究。

## 参考文献:

[1] 潘志刚,吕鹏信,杨民权,等.5 种热带相思 3 年种源试验初报[J].林业科学研究,1988,1(5): 553-559.

[2] 方发之,林资贵,尤甫逸.马占相思、厚英相思良种选育技术研究[J].热带林业,2006,34(3):27-30.

[3] 韦增建,丘小军,莫钊志.相思类树种种质资源收集保存研究[J].广西林业科学,1996,25(4):181-188,205.

[4] 韩金发.厚英相思对风沙地土壤性状的改良[J].福建林学院学报,2001,21(3):253-256.

[5] 丁国昌,马钟丽,林思祖,等.厚英相思玻璃化苗细胞超微结构的变化[J].福建林学院学报,2007,27(1):40-43.

[6] 秦武明,韦建晓,余浩光,等.厚英相思组培苗造林的生长状况和效益分析[J].西北林学院学报,2007,22(4):100-102.

[7] 苏金德.滨海砂地厚英相思人工林生长特性研究[J].防护林科技,2000(4):1-3.

[8] 韩金发.风沙地引种厚英相思的生长情况与土壤性状的关系[J].水土保持研究,2001,8(2):27-29.

[9] 吴锡麟.厚英相思木麻黄混交林分结构和生物量的研究[J].福建林学院学报,2003,23(3):236-239.

[10] 张清海,叶功富,林益明,等.福建东山县赤山滨海砂地厚英相思林与湿地松林生物量和能量的研究[J].厦门大学学报:自然科学版,2005,44(1):123-127.

[11] 秦武明,何斌,覃世赢.厚英相思人工林营养元素生物循环的研究[J].水土保持学报,2007,21(4):103-107.

[12] 钟继洪,李淑仪,蓝佩玲,等.刚果桉人工林营养元素生物循环研究[J].水土保持学报,2004,18(6):45-50.

[13] 吴守蓉,杨惠强,洪蓉,等.马尾松林生物量及其结构的研究[J].福建林业科技,1999,26(1):18-21.

[14] 马祥庆,范少辉,陈绍栓,等.杉木人工林连作生物生产力的研究[J].林业科学,2003,39(3):78-83.

[15] 秦武明,何斌,余浩光,等.马占相思人工林不同年龄阶段的生物生产力[J].东北林业大学学报,2007,35(1):22-24.

[16] 张琼,洪伟,吴承祯,等.不同桉树人工林生物量与生产力的比较分析[J].福建林学院学报,2006,26(3):218-223.