

文章编号: 1008- 2786- (2009) 4- 427- 06

# 秃杉人工林速生阶段的碳库与碳吸存

何 斌

(广西大学林学院, 广西南宁 530004)

摘 要: 对广西南丹山口林场速生阶段 (11 a生) 秃杉人工林的碳库与碳吸存进行了研究。结果表明, 秃杉不同器官碳素含量为 429. 9~ 511. 5 g/kg, 各器官碳素含量排列顺序为树皮 > 树枝 > 树干 > 树根 > 树叶。草本层、灌木层和凋落物层平均碳素含量分别为 452. 9、407. 7 g/kg和 430. 7 g/kg。土壤 (0~ 80 cm) 碳素含量为 16. 71 g/kg。随土层深度的增加各层次土壤碳素含量逐渐减少。秃杉人工林生态系统碳库为 172. 49 t/hm<sup>2</sup>, 其中乔木层为 39. 06 t/hm<sup>2</sup>, 占生态系统碳库的 20. 92%; 灌草层为 0. 20 t/hm<sup>2</sup>, 占 0. 12%; 凋落物层为 0. 98 t/hm<sup>2</sup>, 占 0. 57%; 土壤层为 135. 22 t/hm<sup>2</sup>, 占 78. 39%。秃杉各器官的碳库与其生物量成正比例关系, 树干的生物量最大, 其碳库也最大, 占乔木层碳库的 52. 06%。速生阶段秃杉林年净生产力为 8. 62 t/(hm<sup>2</sup>· a), 碳素年净固定量为 4. 06 t/(hm<sup>2</sup>· a)。

关键词: 秃杉人工林; 速生阶段; 碳库; 碳吸存

中图分类号: S718. 5

文献标识码: A

随着国际社会对全球气候变化的日益重视, 全球碳循环的研究越来越受到科学家的关注。据报道, 在过去 100多 a的时间里, 大气层中的 CO<sub>2</sub> 浓度就增加近 25%<sup>[1,2]</sup>, 即从 280 mg/kg 上升至 353 mg/kg, 并继续随化石燃料的大量使用和土地利用变化而呈增加趋势, 预计到 2050年大气 CO<sub>2</sub> 浓度将达到 550 mg/L, 比 100 a前的浓度增加近 1倍<sup>[2]</sup>, 因此, 其源和汇已成为全球关注的热点<sup>[3]</sup>。森林生态系统作为陆地生态系统的重要组成部分, 其维持的碳库占全球总碳库的 46. 3%, 而森林植被部分维持的碳库占全球植被碳库的 77. 1%<sup>[4]</sup>。研究森林生态系统碳循环对于了解全球碳平衡和人类活动对全球气候变化的影响均具有重要意义。自 20世纪 90年代以来, 许多生态学家从全球、区域或国家尺度上研究了森林对全球碳平衡的影响<sup>[5]</sup>, 同时从森林类型研究碳循环特征和评价森林对大气 CO<sub>2</sub> 的平衡能力, 并对通过森林资源管理和造林等行为带来的碳吸存效益或碳积累进行了较多的研究<sup>[6-8]</sup>。随着

《京都协议书》的签订和生效, 寻找控制或减轻碳排放途径已成为当前和今后世界各国迫切解决的重大问题, 而通过森林管理和造林、再造林活动来增加森林碳吸存能力, 减缓 CO<sub>2</sub> 在大气中的积累速度, 无疑是一个极其重要的途径<sup>[9]</sup>。

杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook) 是我国南方亚热带地区重要的造林树种, 在我国人工林中占有重要的地位。近年来, 随着杉木连栽地力衰退等问题的出现, 寻找既速生丰产又能维持地力, 在一定范围内替换杉木的树种, 已成为南方林区实现林地可持续经营的重要措施之一<sup>[10]</sup>。秃杉 (*Taiwania flousiana* Gaussen) 属杉科台湾杉属, 是我国特有的世界珍稀植物, 具有生态适应性较强, 树形高大挺拔、生长快、出材率高、材质优良、树叶繁茂、树形优美和单位面积蓄积量高等优点, 有很高的经济价值和观赏价值<sup>[11]</sup>。为了发掘这一宝贵资源, 我国南方各地从 20世纪 70年代末以来相继开始了该树种的引种栽培和相关试验研究<sup>[12-14]</sup>, 显示出秃杉

收稿日期 (Received date): 2008- 07- 10; 改回日期 (Accepted): 2008- 12- 01。

基金项目 (Foundation item): 广西自然科学基金资助项目 (0640018); 广西“十五”林业科学研究项目 (2001- 27)。[ Supported by the Natural Science Foundation of Guangxi (0640018), “Tenth Five- Year Plan” of Forest Science Research of Guangxi (2001- 27). ]

作者简介 (Biography): 何斌 (1962- ), 男, 广西桂平人, 硕士, 副研究员, 从事森林土壤与森林生态学研究。[ He Bin (1962- ), male, born in Guiping of Guangxi, Master Associate Researcher engaged in forest soil science and forest ecology. ]

1) 何斌, 秦武明, 马占相思人工林生态系统碳素密度、贮量和分布特征 (待发表)。

人工林具有较高的生物量水平,是杉木采伐迹地的优良更新树种;其中对秃杉人工林的生长规律研究表明,秃杉 6~8 a 生即进入速生期,且随着林龄的增长,其胸径、树高和材积均呈现较长时间的逐年或稳定增加趋势。为此,本文通过对速生阶段(11 a 生)秃杉人工林生态系统碳素含量、碳库及其分配特征的研究,以揭示秃杉人工林碳吸存能力,同时为进一步研究秃杉林生态系统碳循环及碳汇功能提供基础数据。

## 1 研究区自然概况

研究区位于广西南丹县国有山口林场城关分场,地理位置为  $107^{\circ}30'E$ ,  $24^{\circ}59'N$ ,属中亚热带气候类型,年平均温度  $16.9^{\circ}C$ ,最冷月(1月)平均气温  $7.4^{\circ}C$ ,极端最低气温  $-5.5^{\circ}C$ ;最热月(7月)平均气温  $24.6^{\circ}C$ ,极端最高气温  $35.5^{\circ}C$ ,年平均降雨量  $1\,498\text{ mm}$ ,降雨多集中在 4~10月,月平均降雨量在  $100\text{ mm}$  以上。年平均蒸发量  $1\,135\text{ mm}$ ,年均相对湿度  $83\%$ 。标准地位于山坡中部,海拔  $980\sim 1\,000\text{ m}$ ,坡度  $28^{\circ}\sim 31^{\circ}$ ,土壤类型为砂岩发育形成的山地黄壤,土壤厚度在  $80\text{ cm}$  以上。

标准地前茬林分为杉木纯林,并于 1995年年底采伐,经炼山整地后,于次年 4月用秃杉实生苗定植,调查时 11 a 生秃杉人工林的林相整齐,郁闭度为  $0.7$ ,保留密度  $1\,933\text{ 株}/\text{hm}^2$ ,林分平均树高  $11.5\text{ m}$ ,平均胸径(带皮,以下同)  $12.7\text{ cm}$ ,林下植物主要有狗脊(*Woodwardia japonica* (L. f.) Sm.),蔓生莠竹(*Microstegium vegans* (Nees ex Steud.) A. Camus),五节芒(*Miscanthus floridulus* (Labill.) W. Arb.),粗叶悬钩子(*Rubus alceaifolius* Poir.),杜茎山(*Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi)和华南毛茛(*Eurya ciliata* Merr.)等,凋落物厚度约  $1.2\text{ cm}$ ,其中秃杉落叶约占  $70\%$ 。

## 2 研究方法

### 2.1 生物量的测定和生产力的估算

在秃杉人工林中共设置面积  $20\text{ m}\times 20\text{ m}$  的代表性标准地 3块,然后对各标准地内的林木进行每木检尺,测定胸径和树高。根据林分生长统计结果,在每个标准地内选择代表平均值的 1株标准木,采用收获法测定样木的生物量,即将样木伐倒后,地上

部分采用 Monsie 分层切割法,每  $2\text{ m}$  为一区段,分干材、干皮、树枝、枯枝、树叶,地下部分根系采用全根挖掘法,按根莖、粗根(根直径  $\geq 2.0\text{ cm}$ )、中根( $0.5\sim 2\text{ cm}$ )、细根( $< 0.5\text{ cm}$ ),分别称重,并取样测定各器官的含水率及干重。

### 2.2 林下植被生物量调查

在每个标准地内各设置 3~5个面积为  $1\text{ m}\times 1\text{ m}$  小样方,调查样方内植物种类、个体数、高度和覆盖度等。采用样方收获法,按草本层、灌木层和凋落物层分别测定其生物量或现存量,同时取样测定含水率和干重。

### 2.4 样品的采集及其碳含量的测定

在测定生物量的同时,采集乔木层不同组分、草本层、灌木层和凋落物层样品,经烘干、粉碎、过筛后装瓶待测。同时在各标准地中分别设置 3个代表性采样点,按  $0\sim 20\text{ cm}$ 、 $20\sim 40\text{ cm}$ 、 $40\sim 60\text{ cm}$  和  $60\sim 80\text{ cm}$  分层采集土壤样品,把相同标准地同一层次土壤按重量比例混合,带回实验室于室内自然风干和粉碎过筛装瓶待测。同时用环刀( $100\text{ cm}^3$ )采集原状土,带回实验室用环刀法测定土壤容重。

植物、土壤样品中碳素含量均采用重铬酸钾氧化-外加热法测定<sup>[15]</sup>

### 2.5 秃杉人工林生态系统碳贮量和乔木层年碳积累量的估算

根据秃杉不同器官、草本层、灌木层和凋落物层生物量与其碳素含量的乘积为其相应的碳库,土壤有机碳库则是土壤有机碳含量、土壤密度及土壤体积三者的乘积,乔木层、灌木层、草本层、枯落物层和土壤层碳库之和为秃杉人工林生态系统碳库。林分年净固定碳量为各组分年平均生物量(净生产力,其中树叶按其在树枝上着生的时间 4 a 计算平均净生产量,凋落物层取 4 a 计算其平均净生产量)及其相应的碳素含量计算而得。

## 3 结果与分析

### 3.1 秃杉人工林各组分碳含量

#### 3.1.1 不同器官碳素含量

从表 1 可见,秃杉不同器官中碳素含量变化范围在  $429.9\text{ g/kg}\sim 511.5\text{ g/kg}$  间,林木平均碳素含量为  $483.1\text{ g/kg}$ ,各器官碳素含量排列次序大致为树皮>树枝(活枝和枯枝的生物量加权平均)>树干>树根>树叶,根系中的碳素含量则随着根系直

径的增加而降低, 而林木地上部分中除树叶外的其他器官碳素含量均高于树根。

3. 1. 2 林下植被和土壤中碳素含量

从表 2可以看出, 秃杉人工林草本层和灌木层的平均碳素含量分别为 407. 7 g/kg和 452. 9 g/kg, 其中地上部分碳素含量均较地下部分高, 与乔木层地上及地下部分碳素含量的分配规律相一致。由于地表现存凋落物层主要以落叶为主, 其部分有机物已被分解, 因而其碳素含量明显低于乔木层, 也略低

于灌木层, 但略高于草本层, 表现出随植物个体高度或组织木质化程度的降低, 其碳素含量相应减少的趋势。

秃杉人工林土壤 (0~ 80 cm)碳素含量为 17. 40 t/hm<sup>2</sup>, 呈现随土壤深度增加而明显下降的趋势, 其中 0~ 20 cm 土层碳素含量明显高于其他土层, 但随着土壤深度的增加, 相邻土层碳素含量的差异逐渐变小。

表 1 秃杉不同器官碳素含量<sup>1)</sup>  
Table 1 Carbon contents of different organs of *T. flousiana*

项目	树叶	活枝	枯枝	树干	树皮	树根					总平均 <sup>2)</sup>
						根莖	粗根	中根	细根	平均 <sup>2)</sup>	
平均值 (g/kg)	429. 9	490. 7	511. 5	489. 4	495. 1	491. 6	470. 9	467. 8	452. 3	480. 0	483. 1
标准偏差	10. 1	8. 3	12. 3	17. 6	18. 2	13. 9	15. 0	13. 0	16. 3	—	—
变异系数 (%)	2. 35	1. 69	2. 40	3. 60	3. 67	2. 83	3. 18	2. 78	3. 61	—	—

1)样本数为 5个。2)经相应各组分生物量加权平均。

表 2 林下植被及土壤中碳素含量  
Table 2 Carbon content of under storey plants and soil

层次	组分	碳素含量 (g/kg)	标准偏差	变异系数 (%)
灌木层	地上部分	458. 3	4. 2	1. 01
	地下部分	420. 6	9. 5	2. 79
	平均 <sup>1)</sup>	452. 9		
草本层	地上部分	418. 7	9. 5	2. 11
	地下部分	346. 2	9. 0	2. 15
	平均 <sup>1)</sup>	407. 7		
凋落物		430. 7		
土壤层	0~ 20 cm	42. 08	2. 57	6. 10
	20~ 40 cm	16. 32	0. 45	3. 02
	40~ 60 cm	7. 15	0. 42	5. 82
	60~ 80 cm	4. 07	0. 21	5. 16
	平均 <sup>2)</sup>	17. 40	—	—

1)经相应各组分生物量加权平均。2)经土壤重量加权平均。

3. 2 秃杉人工林生态系统碳库及其分配

3. 2. 1 乔木层碳库

从表 3可见, 秃杉林乔木层碳库为 36. 09 t/hm<sup>2</sup>, 各器官的碳库与其生物量成正比例关系, 树干作为乔木层碳库的主体, 其生物量占乔木层生物量的 51. 42%, 其碳库则占乔木层碳库的 52. 06%; 其次是树枝 (活枝和枯枝)、树根和树叶, 依次占乔木层碳库的 22. 30%、11. 97% 和 9. 45%; 树皮最小, 仅

占乔木层碳库的 4. 21%。

3. 2. 2 林下植被和土壤层碳库

受秃杉生物学特性和人为干扰等影响, 速生阶段秃杉人工林林下植被发育较差, 灌木和草本均较少, 它们的生物量和碳库仅分别为 0. 47 t/hm<sup>2</sup> 和 0. 20 t/hm<sup>2</sup>, 凋落物层的生物量和碳库则分别为 2. 27 t/hm<sup>2</sup> 和 0. 98 t/hm<sup>2</sup>。速生阶段秃杉人工林林地土壤 (0~ 80 cm)碳库为 135. 22 t/hm<sup>2</sup>, 并表现出随土壤深度增加而减少的变化趋势, 其中以表土层 (0~ 20 cm)碳库最大, 为 73. 72 t/hm<sup>2</sup>, 是 20~ 40 cm 土层的 1. 96倍, 占土壤层碳库的 54. 52%; 其次是 20~ 40 cm 土层, 这两层土壤碳库占整个土壤层碳库的 82. 34%。

3. 3. 3 秃杉人工林生态系统碳库的分配

从表 3可见, 秃杉人工林生态系统总碳库为 172. 49 t/hm<sup>2</sup>, 其中乔木层碳库为 36. 09 t/hm<sup>2</sup>, 占生态系统碳库的 0. 92%; 灌木和草本层碳库为 0. 20 t/hm<sup>2</sup>, 占 0. 12%; 凋落物层为 0. 98 t/hm<sup>2</sup>, 占 0. 57%。林地土壤 (0~ 80 cm)的碳库为 135. 22 t/hm<sup>2</sup>, 占 78. 39%。因此, 林地土壤是碳的一个极重要的贮存库, 在平衡大气 CO<sub>2</sub>的有着重要作用。

3. 3 秃杉人工林碳素年净固定量的初步估算

根据各组分年净生产力及其相应碳素含量计算出碳素年净固定量, 如表 4所示。从表 4可见, 秃杉

人工林年净生产力为  $8.62 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 碳年净固定量为  $4.06 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 折合成  $\text{CO}_2$  的量可达到  $14.89 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 秃杉人工林不同器官的碳素年净固定量以干材最大, 其年净固定量占乔木层年净固定量的 44.76%, 其次是树叶、树枝和树根, 分别占乔木层年净固定量 22.25%、19.11% 和 10.21%; 最小是树皮, 仅占 3.66%。

4 结论与讨论

秃杉不同器官中碳素含量范围在  $429.9 \text{ g}/\text{kg} \sim$

表 3 秃杉人工林生态系统碳库及其分配  
Table 3 Carbon storage and distribution of *T. flousiana* plantation ecosystem

层次	组分	生物量 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ )	碳库 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ )
乔木层	树叶	7.93	3.41
	树枝	16.30	8.05
	树干	3.06	18.79
	树皮	38.40	1.52
	树根	8.99	4.32
	小计	74.68	36.09
灌木层	地上部分	0.12	0.05
	地下部分	0.02	0.01
	小计	0.14	0.06
草本层	地上部分	0.28	0.12
	地下部分	0.05	0.02
	小计	0.33	0.14
凋落物层		2.27	0.98
土壤层	0~ 20cm		73.72
	20~ 40cm		37.63
	40~ 60cm		14.90
	60~ 80cm		8.97
	小计 Sum		135.22
总计			172.49

表 4 秃杉人工林碳素年净固定量

Table 4 Annual net carbon fixation of *T. flousian* plantation

组分	净生产力 ( $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )	年净固碳量 ( $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )
树叶	1.98	0.85
树枝	1.48	0.73
树干	3.49	1.71
树皮	0.28	0.14
树根	0.82	0.39
年凋落物	0.57	0.24
合计	8.62	4.06

$511.5 \text{ g}/\text{kg}$  间, 按碳素含量排列顺序为树皮 > 树枝 > 树根 > 树叶, 根系中的碳素含量则随着根系直径的增加而降低, 与杉木<sup>[6]</sup>、福建柏<sup>[6]</sup>、马尾松<sup>[16]</sup>、马占相思<sup>[9]</sup>等树种各器官的排列次序不完全一致, 反映了不同树种间碳积累的差异。灌木层碳素含量为  $452.9 \text{ g}/\text{kg}$  草本层为  $407.7 \text{ g}/\text{kg}$  凋落物层为  $430.7 \text{ g}/\text{kg}$  表现出随植物个体高度的降低, 光合作用降低, 有机物合成和积累减少, 因而组织木质化程度降低, 导致其碳素含量相应减少的趋势。土壤 (0~ 80 cm) 碳素含量为  $16.71 \text{ g}/\text{kg}$  随土层深度的增加, 各层次土壤碳含量逐渐减少。

速生阶段秃杉人工林生态系统碳库为  $172.49 \text{ t}/\text{hm}^2$ , 其中乔木层为  $36.09 \text{ t}/\text{hm}^2$ , 略高于相同林龄的湖南会同杉木人工林 ( $35.041 \text{ t}/\text{hm}^2$ )<sup>[17]</sup>, 占生态系统碳库的 20.92%, 占植被层碳库的 96.81%; 灌木层、凋落碳库分别为  $0.067 \text{ t}/\text{hm}^2$  和  $0.98 \text{ t}/\text{hm}^2$ , 占生态系统碳库的 20.92%。表明植被层碳库主要取决于乔木层; 而在乔木层碳库中, 非木材部分的枝、叶、皮和根的碳库占 47.94%; 因此, 采伐后林地剩余物的处理方式和造林前整地方式对生态系统尤其是土壤碳库将产生较大的影响。

土壤有机碳作为土壤组成的重要成分, 是生态系统中极为重要的生态因子<sup>[18]</sup>, 并在平衡大气  $\text{CO}_2$  中也发挥着重要的作用。速生阶段秃杉人工林的土壤碳 (有机碳) 库 (0~ 80 cm) 为  $135.22 \text{ t}/\text{hm}^2$ , 低于我国森林土壤平均碳库 ( $193.55 \text{ t}/\text{hm}^2$ ) 和世界土壤平均碳库 ( $189.00 \text{ t}/\text{hm}^2$ )<sup>[19]</sup>, 但高于均高于苏南丘陵 40 a 生次生栎林 ( $70.03 \text{ t}/\text{hm}^2$ )<sup>[20]</sup> 和我国热带林土壤碳库<sup>[19]</sup> ( $116.49 \text{ t}/\text{hm}^2$ ), 是秃杉人工林植被碳库的 4.59 倍, 高于全国平均水平 (3.4 倍)<sup>[19]</sup>, 这主要是因为速生阶段的秃杉人工林林龄还较小, 离成熟期 (一般需要 40 a 以上) 还有较长时间, 因此秃杉人工林植被层尤其是乔木层还有较大的碳吸存潜力。由于秃杉林主要适生于海拔 500 m 以上的热带、亚热带中低山区, 土壤较深厚, 表层土壤有机碳较丰富, 贡献较大, 所在地区高温多雨, 林下植被在维持地力、保持水土等方面有着重要的作用。因此, 我国人工林传统经营中引起水土流失的活动如炼山和林分抚育等均对林下植被和土壤表层破坏严重, 都很容易造成植被碳贮量的减少并导致土壤碳素损失。

秃杉人工林速生阶段的年净生产力为  $8.62 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 碳素年净固定量为  $4.06 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 高

于相同林龄的湖南会同杉木林的碳素年净固定量  $3.489 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{[17]}$ , 苏南地区 27 a 生杉木林碳素年净固定量  $2.46 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{[17]}$ , 可见秃杉是一种碳吸存能力较强的树种。目前我国杉木林面积达  $1.239 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 蓄积量为  $4.736 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 分别占全国人工林面积和蓄积的 26.55% 和 46.89%<sup>[19]</sup>, 其中分布在高丘和中、低山地区占较大比例, 在我国森林资源结构中占有重要地位。秃杉为我国特有的珍稀树种和杉木采伐迹地的优良更新树种, 除了具有生物量和碳素积累速率快外, 更具有高积累速率时间持续长和衰退迟的特点, 因而具有碳人工林所兼具的木材收获和碳吸存效益的双重目标<sup>[7, 21]</sup>; 与杉木人工林相比, 秃杉人工林凋落物组成中均以营养元素较丰富且含碳率较低比较容易分解树叶以及柔软小枝占绝大多数, 凋落物缩存 (绝大部分为枯枝) 现象较弱, 秃杉人工林的生长有利于土壤有机碳的积累和土壤肥力的恢复、维持和提高, 防止地力衰退<sup>[22]</sup>。因此, 合理经营和发展秃杉人工林, 对增强人工林的碳汇功能, 维护生态环境, 调节大气  $\text{CO}_2$ , 提高林农的经济收益, 并实现珍稀名贵树种的永续保存和高效利用都具有极其重要的意义。

## 参考文献 (References)

- [1] Houghton RA, Jenkins GJ, Ephraums JJ. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 1~150
- [2] Yadavinder Malhi, John Grace. Tropical Forests and Atmospheric Carbon Dioxide [J]. *Tree*, 2000, 15(8): 332~337
- [3] IPCC. Climate change: the science of climate change: Summary for policymakers: a report of working group I of the intergovernmental panel on climate change [R]. Geneva, Switzerland: 2001: 1~98
- [4] Brown S. Present and potential roles of forests in the global climate change debate [J]. *Unasylva*, 1996, 47: 3~10
- [5] Fang Jingyun, Chen Anping. Dynamic forest biomass carbon pools in China and their significance [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(9): 967~973 [方精云, 陈安平. 中国森林植被碳库的动态变化及其意义 [J]. *植物学报*, 2001, 43(9): 967~973]
- [6] He Zhongming, Li Lihong, Wang Yixiang, et al. Carbon stock and carbon sequestration of a 33-year-old *Forstenia hodginsii* plantation [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(3): 298~298 [何宗明, 李丽红, 王义祥, 等. 33年生福建柏人工林碳库与碳吸存 [J]. *山地学报*, 2003, 21(3): 298~302]
- [7] Yang Yusheng, Chen Guangshui, Wang Yixiang, et al. Carbon storage and allocation in *Castanopsis kawakamii* and *Cunninghamia lanceolata* plantations in Subtropical China [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(10): 43~47 [杨玉盛, 陈光水, 王义祥, 等. 格氏栲人工林和杉木人工林碳库及分配 [J]. *林业科学*, 2006, 42(10): 43~47]
- [8] Oscar JC, Russell M W, Kenneth G M. Carbon monitoring costs and their effect on incentives to sequester carbon through forestry [J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2004, 154: 273~293
- [9] Zhang Xiaquan, Li Nuyun, Wu Shuhong. Analysis on feasibility and potentiality of afforestation and reforestation under the clean development mechanism of the Kyoto Protocol [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(5): 139~143 [张小全, 李怒云, 武曙红. 中国实施清洁发展机制造林和再造林项目的可行性和潜力 [J]. *林业科学*, 2005, 41(5): 139~143]
- [10] Yu Xintia. The Cunninghamia lanceolata Cultivation [M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1996: 1~519 [俞新妥. 杉木栽培学 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1996: 1~519]
- [11] Wang Tingliang. Taiwan's Ficusiana [M]. Beijing: Chinese Forest Press, 1995 [王挺良. 秃杉 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995]
- [12] Hong Jusheng, Pen Zhiguang, Shi Xingba, et al. Study on introduction and culture of Taiwan's Ficusiana [J]. *Forest Science and Technology*, 1997, (1): 7~14 [洪菊生, 潘志刚, 施行博, 等. 秃杉的引种与栽培研究 [J]. *林业科技通讯*, 1997, (1): 7~14]
- [13] Chen Jianxi, Wang Minghui, Yin Zuoyun, et al. A study on introduction and culture of Taiwan's Ficusiana in Guangdong and its cultural regional assignment [J]. *Forest Research*, 2002, 15(4): 399~405 [陈建新, 王明怀, 殷祚云, 等. 广东省秃杉引种栽培效果及栽培区划分研究 [J]. *林业科学研究*, 2002, 15(4): 399~405]
- [14] Tao Guoxiang. Study on living law of cuninghamia Taiwanese [J]. *Forest Inventory and Planning*, 2001, 26(3): 1~8 [陶国祥. 秃杉生长规律的研究 [J]. *林业调查规划*, 2001, 26(3): 1~8]
- [15] Committee for agricultural chemistry of Chinese Society of Soil Science. Conventional Method of Chemical Analysis for Agricultural Soil [M]. Beijing: Science Press, 1983: 272~273 [中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1983: 272~273]
- [16] Wei Haidong, Ma Xiangqing. Study on the carbon storage and distribution of *Pinus massoniana* Lamb plantation ecosystem at different growing stages [J]. *Journal of Northwest A & F University (Nat Sci Ed)*, 2007, 35(1): 371~374 [尉海东, 马祥庆. 不同发育阶段马尾松人工林生态系统碳贮量研究 [J]. *西北农林科技大学学报 (自然科学版)*, 2007, 35(1): 371~374]
- [17] Fang Xi, Tian Dahen, Xiang Wenhua. Density, storage and distribution of carbon in Chinese fir plantation at fast growing stage [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2002, 38(3): 14~19 [方晰, 田大伦, 项文化. 速生阶段杉木人工林碳素含量、贮量和分布 [J]. *林业科学*, 2002, 38(3): 14~19]
- [18] Li Yuelin, Lang Linling, Zhang Yun, et al. Spatial heterogeneity of soil organic carbon of *Acacia mangium* plantation in Heshan, Guangdong, China [J]. *Journal of Mountain Science*, 2007, 25(3): 229~235 [李跃林, 郎黎明, 张云, 等. 马占相思人工林土壤有机碳的异质性 [J]. *山地学报*, 2007, 25(3): 229~235]

- [ 19 ] Zhou Yurong, Yu Zhenliang, Zhao Shilong. Carbon storage and budget of major Chinese forest types[ J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 2000, 24( 5): 518~ 522[ 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡 [ J]. 植物生态学报, 2000, 24( 5): 518~ 522 ]
- [ 20 ] Ruan Honghua, Jiang Zhiliq, Gao Suning. Preliminary studies of carbon cycling in three types of forests in the hilly regions of Southern Jiangsu Province[ J]. *China Journal Ecology*, 1997, 16( 6): 17~ 21[ 阮宏华, 姜志林, 高苏铭. 苏南丘陵主要森林类型碳循环研究——含量与分布规律 [ J]. 生态学杂志, 1997, 16( 6): 17~ 21 ]
- [ 21 ] Onigkeit J, Sonntag M, Aikano J. Carbon Plantations in the M-AGE Model Model Description and Scenarios[ R]. WZ III Report No. P00031 Center for Environmental Systems Research, University of Kassel Germany, 2000: 35~ 113
- [ 22 ] He Bin, Huang Hengchuan, Huang Chengbiao, *et al*. Concentrations Accumulation and distribution characteristics of nutrient elements in *Taiwania flousiana* plantation[ J]. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23( 5): 903~ 910 [ 何斌, 黄恒川, 黄承标, 等. 秃杉人工林营养元素含量、积累与分配特征的研究 [ J]. 自然资源学报, 2008, 23( 5): 903~ 910 ]

## Carbon Stock and Carbon Sequestration in *Taiwania flousiana* Plantation at Fast Growing Stage

HE Bin

(Forestry College, Guangxi University, Nanning 530004, Guangxi, China)

**Abstract** The carbon stock and carbon sequestration capacities in *Taiwania flousiana* plantation at fast growing stage( 11-year-old) was studied in Nandan Shankou Forestry Farm of Guangxi, China. The results showed that carbon content in different organs of *T. flousiana* ranged from 452. 3 g/kg to 511. 5 g/kg and was in the order as bark > branch > stem > root > leaf. The carbon content in shrub, herb and litter floor were 452. 9 g/kg, 407. 7 g/kg and 430. 7 g/kg, respectively. Carbon content in the soil( 0~ 80 cm) was 16. 71 g/kg and declined with soil depth. The carbon stock in *T. flousiana* plantation ecosystem at fast growing stage was 172. 49 t/hm<sup>2</sup>, divided among the tree layer with 36. 09 t/hm<sup>2</sup> ( 20. 92% ), under-storey plant 0. 20 t/hm<sup>2</sup> ( 0. 12% ), litter 0. 98 t/hm<sup>2</sup> ( 57% ), and soil ( 0~ 80 cm) 135. 22 t/hm<sup>2</sup> ( 78. 39% ). The carbon stock in different organs was positively related to the biomass of corresponding organs. Stem accumulated the highest carbon stock and comprised 52. 06% of carbon stock in tree layer. The annual net productivity of *T. flousiana* plantation at fast growing stage was 8. 62 t/( hm<sup>2</sup> · a), annual net carbon fixation was up to 4. 06 t/( hm<sup>2</sup> · a).

**Key words** *Taiwania flousiana* plantation; fast growing stage; Carbon stock; Carbon sequestration