

大岗山毛竹扩张对常绿阔叶林生态系统碳储特征的影响

杨清培¹, 王兵^{2*}, 郭起荣³, 赵广东², 方楷¹, 刘苑秋¹

(1. 江西农业大学/江西省竹子种质资源与利用重点实验室, 江西 南昌 330045; 2. 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 3. 国际竹藤网络中心, 北京 100102)

摘要:采用时空替代法对江西大岗山毛竹(*Phyllostachys edulis*)扩张对常绿阔叶林生态系统碳储特征的影响进行了研究。结果表明:毛竹扩张导致常绿阔叶林逐渐演变成毛竹林,森林生态系统总的碳储量由267.94 t/hm²减少到226.75 t/hm²,减少了15.37%,其中植被碳储量由93.26 t/hm²减少到82.06 t/hm²,减少了12.01%;土壤碳储量由173.93 t/hm²减少到143.84 t/hm²,减少了17.30%;同时生态系统碳储格局发生明显变化,地上/地下碳储量比由1:2.69变为1:4.0。然而森林生态系统的植被年固碳量却有所增加,由常绿阔叶林的4.15 t/(hm²·a)增加到毛竹林的4.76 t/(hm²·a),提高了14.18%,反映了森林演变过程中生态系统碳储特征的复杂性。

关键词:毛竹扩张;常绿阔叶林;碳储特征;大岗山

中图分类号:S718.55+4.2 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2011)03-0529-08

Effects of *Phyllostachys edulis* Expansion on Carbon Storage of Evergreen Broad-Leaved Forest in Dagangshan Mountain, Jiangxi

YANG Qing-pei¹, WANG Bing^{2*}, GUO Qi-rong³, ZHAO Guang-dong², FANG Kai¹, LIU Yuan-qiu¹

(1. Jiangxi Provincial Key Laboratory for Bamboo Germplasm Resources and Utilization, JXAU, Nanchang 330045, China; 2. Institute of Forest Ecology Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China; 3. International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China)

Abstract: By using the method of time-space mutual substitution, the effects of *Phyllostachys edulis* expansion on carbon storage of evergreen broad-leaved forest in Dagangshan mountain were studied. The results showed that when evergreen broad-leaved forest changed to *Ph. edulis* forest, the carbon storage of ecosystem reduced from 267.94 t/hm² to 226.75 t/hm², dropping by 15.37%, among which the carbon storage in vegetation had a 12.01% decline from 93.26 t/hm² to 82.06 t/hm², the carbon storage in the soil decreased from 173.93 t/hm² to 143.84 t/hm², dropping by 17.30%. Meanwhile, the pattern of carbon storage in the ecosystem changed simultaneously, the ratio of aboveground/belowground storage turned from 1:2.69 to 1:4.0. However, the carbon capture and storage of *Ph. edulis* forest with a net accumulation of 4.76 t/(hm²·a),

收稿日期:2010-10-04 修回日期:2011-04-19

基金项目:国家林业科技支撑计划课题(2006BAD03A0703, 2006BAD19B0102)和林业公益性行业科研专项(200804006/rhh-05)

作者简介:杨清培(1970—),男,副教授,博士,主要从事森林生态学研究, E-mail: Qingpeiyang@126.com; * 通讯作者:王兵,研究员,博士,博士生导师, E-mail: wangbing@caf.ac.cn.

were larger than those of evergreen broad-leaved forest with $4.15 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, increasing by 14.18%. The results indicated the complexities of carbon cycles in the succession of forests.

Key words: *Phyllostachys edulis* expansion; evergreen broad-leaved forest; carbon storage; Dagangshan mountain

近年来,大气 CO_2 增加引发的全球气候变化已严重威胁到人类社会的发展^[1-3],因此减排增汇不但成为世界各国科学研究的热点,而且也成了重要的政治与经济问题^[1]。自 1997 年《京都议定书》赞成以“净排放量(即实际排放量扣除森林所吸收碳量)”计量各国碳排放量以来,有关森林碳汇功能的研究迅速增加^[1, 2, 4-10]。大多数研究表明,森林碳储量及储量能力与森林类型、物种组成、林龄及人类干扰等关系密切^[8, 11-15]。

常绿阔叶林是我国亚热带地区的地带性植被,也是重要的森林资源。但它在遭受持续干扰的情况下,很容易逆行演替成毛竹(*Phyllostachys edulis*)林^[16],并且近年来不同地区毛竹林面积呈不断增大的趋势^[17-18]。与阔叶林相比,毛竹林物种组成相对单一,结构相对简单^[19],而且毛竹林还受经常性采伐与竹笋挖掘等人为干扰,这些因素势必会引起森林生态系统的碳储功能的改变^[12, 20]。为此,本研究采用时空替代法,在江西大岗山生态站毛竹林和常绿阔叶林 2 种森林生态系统为研究对象,探讨毛竹林扩张对常绿阔叶林生态系统碳储特征的影响,为全球植被变化、森林生产力及人类干扰对森林生态系统碳储功能影响等方面的研究提供参考。

1 研究区概况

江西大岗山位于江西省分宜县境内, $114^\circ 30' \sim 114^\circ 45' \text{E}$, $27^\circ 30' \sim 27^\circ 50' \text{N}$, 属亚热带湿润气候区,年平均气温 $15.8 \sim 17.7^\circ \text{C}$,年平均降水量为 1 591 mm,降水主要集中在 4—6 月,年平均蒸发量为 1 503 mm。土壤主要是低山丘陵红壤、黄壤类型及其各种亚类型。天然常绿阔叶林是本区的地带性植被^[21]。但由于长期的人为干扰,原始常绿阔叶林已被破坏殆尽,现存的植被类型主要有天然次生常绿阔叶林、毛竹林、针阔混交林以及大面积人工杉木(*Cunninghamia lanceolata*)林^[22-23]。

2 研究方法

2.1 样地调查

2007 年设置毛竹林和常绿阔叶林永久样地,大小为 $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$,二者相距 30 m。并将样方细分为 25 个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 小样方,并进行群落调查,记录其种名、胸径、树高,并对样方内所有 $\text{DBH} \geq 5.0 \text{ cm}$ 的树木(含毛竹)进行挂牌标记和定位。

毛竹林是 40~50 a 前常绿阔叶林退化,受毛竹扩张形成的竹林混交林,竹木数量比为 6:4。伴生树种主要有丝栗栲(*Castanopsis fargasii*)、刨花楠(*Machilus pauhoi*)、山乌桕(*Sapium discolor*)、拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)等,下木层主要有油茶(*Camellia oleifera*)、绒楠(*Machilus velutina*)、杜茎山(*Maesa japonica*)等,草本植物主要有淡竹叶(*Lophatherum gracile*)、芒萁(*Dicranopteris linearis*)和寒莓(*Rubus buergeri*)等。

常绿阔叶林紧挨毛竹林,优势种为丝栗栲,林龄为 40~50 a。乔木层伴生树种主要有苦槠栲(*Castanopsis sclerophylla*)、黄牛奶树(*Symplocos cochinchinensis*)等,下木层主要有绒楠、黄牛奶树、油茶等,草本植物主要有淡竹叶、草珊瑚(*Sarcandra glabra*)、芒萁等。

2.2 植被层生物量

(1) 乔木层生物量。优势树种生物量按文献[24]进行测定。但毛竹与木本植物不同,其地下有庞大的鞭根系统,其生物量测定分毛竹单株与地下鞭根 2 部分进行^[7]。毛竹单株生物量按文献[10, 24]测定,并构建单株异速生长模型(表 1)。地下鞭根生物量测定在样地内按“S”形路线挖 10 个 $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 小样方,挖出竹鞭和鞭根,挖至无根为止,用水细心漂洗取样。各器官取样后带回实验室, 105°C 杀青, 80°C 烘至恒重,求算生物量^[7, 10]。同时,采集主要树种各器官样品,以备碳含量分析^[8]。

表 1 大岗山优势树种与毛竹的生物量回归模型

Tab. 1 Regression models for biomass of trees and *Phyllostachys edulis* in Dagangshan mountain

树种 Species	径级及样本数 DBH range	器官 Organs	回归模型 Regression models	相关系数 R^2
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	5 cm ≤ DBH ≤ 40 cm (n = 10)	干 Stem	$W_{St} = 0.112(D^2H)^{0.813}$	0.992**
		枝 Branch	$W_{Br} = 0.001(D^2H)^{1.178}$	0.912**
		叶 Leaf	$W_{Lf} = 0.002(D^2H)^{0.851}$	0.882**
		根 Root	$W_{Rt} = 0.026(D^2H)^{0.852}$	0.978**
		总 Total	$W_{Tt} = 0.045(D^2H)^{0.981}$	0.924**
			$1/H = 0.016 + 1.149/D$	0.858**
毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	5 cm ≤ DBH ≤ 16 cm (n = 30)	秆 Culm	$W_{Cu} = 0.231D^{1.985}H^{-0.207}$	0.730**
		枝 Branch	$W_{Br} = 0.215D^{1.303}H^{-0.185}$	0.502*
		叶 Leaf	$W_{Lf} = 0.050D^{1.695}H^{-0.184}$	0.722**
		蔸 Base	$W_{Ba} = 0.008D^{0.657}H^{1.617}$	0.544*
		蔸根 Root	$W_{Rt} = 0.009D^{0.890}H^{1.364}$	0.444*
			$W_{Tt} = 0.364D^{1.696}H^{0.071}$	0.684**
			$1/H = 0.047 + 0.276/D$	0.625**
其他阔叶树 Other trees	5 cm ≤ DBH ≤ 40 cm (n = 12)	干 Stem	$W_{St} = 0.017(D^2H)^{1.081}$	0.938**
		枝 Branch	$W_{Br} = 0.021(D^2H)^{0.824}$	0.965**
		叶 Leaf	$W_{Lf} = 0.005(D^2H)^{0.950}$	0.930**
		根 Root	$W_{Rt} = 0.018(D^2H)^{0.912}$	0.949**
		总 Total	$W_{Tt} = 0.048(D^2H)^{1.005}$	0.957**
			$1/H = 0.043 + 0.596/D$	0.722**

* $P > 0.05$; ** $P > 0.01$ 。

(2) 灌木层与草本层生物量。灌木层和草本层均采用收获法,按文献[24]进行生物量测定。同时采集样品以备碳含量分析^[8]。

(3) 细根生物量。采用土钻法,按“S”形路线,用直径 50 mm 的土钻,分 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm、40~50 cm 和 50~60 cm 土层,取得土芯各 15 个,2 样地共 180 个,用保鲜袋装好带回,放置在 2.0、1.0、0.5、0.25 mm 土壤套筛,用清水细心漂洗,捡出所有直径 ≤ 2 mm 的毛竹细根。根据细根外形、颜色、质地和弹性区分死根和活根,沥干表面水,并称其鲜质量,105 °C 杀青,80 °C 烘至恒重,折算单位面积生物量^[25-26]。同时采集样品,以备碳含量分析。

2.3 凋落物储量

在每个样地内设置 10 个(1 m × 1 m)收集器,每月收集凋落物 1 次,按组分收集凋落物。同时,在收集器旁边的地面上按 50 cm × 50 cm 小样方收集地面凋落物,带回实验室,80 °C 烘至恒重,计算全年凋落物量与凋落物储量^[24]。同时采集样品,以备碳含量分析。

2.4 土壤样品采集

在鞭根生物量的同时,就原小样方挖 10 个土壤剖面,并从上到下 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm 和 80~100 cm,用环刀法取原状土,带回实验室测定土壤容重、含砂率等物理指标;同时,用布袋另取部分土样,自然风干、研磨、以备碳含量测定^[27]。

2.5 碳含量分析

植物和土壤样品中碳素含量测定,均采用 $K_2Cr_2O_7 - H_2SO_4$ 氧化法^[7-8]。

2.6 生态系统碳储量

$$\text{器官碳储量} = \sum \text{器官生物量} \times \text{碳含量} \tag{1}$$

$$\text{植被层碳储量} = \sum \text{植被各层碳储量} \tag{2}$$

$$\text{土壤有机碳储量} = \text{土壤容重} \times \text{采样深度} \times (1 - \text{含砂率}) \times \text{土壤有机碳含量} \times \text{林地面积} \tag{3}$$

$$\text{生态系统碳储量} = \text{植被碳储量} + \text{凋落物碳储量} + \text{土壤碳储量} \tag{4}$$

2.7 植被生物量增量与年固碳量

按文献 [24] 分别计算乔木层木本植物、灌木层、草本层生物量增量。毛竹种群生物量增量等于当年发笋成竹量减去当年采伐量,再加上地下鞭根生物量增量。

$$\text{植被年固碳量} = \sum \text{植被各组分生物量增量} \times \text{碳含量} \quad (5)$$

3 结果与分析

3.1 森林群落生物量及其分配格局变化

毛竹扩张常绿阔叶林演变成毛竹林,森林群落生物量下降(表 2)。常绿阔叶林为 207.63 t/hm²,毛竹林只有 174.80 t/hm²,减少了 15.81%。其中,茎秆生物量由 129.17 t/hm²减少至 80.77 t/hm²,减少了 37.47%。同时,生物量分配格局也发生相应变化,地下生物量比重明显增加,由常绿阔叶林的 21.84% 增加至毛竹林的 33.76%,其中细根贡献最大,由 2.70% 增至 19.41%,其生物量由 5.60 t/hm² 增加到 33.92 t/hm²,增加了 5 倍多。

表 2 常绿阔叶林和毛竹林生物量及分配格局

Tab.2 Biomass and its allocation of evergreen broad-leaved forests and *Ph. edulis* forests in Dagangshan Mountain t/hm²

森林类型 Forest types	层次 Layer	各器官生物量 Biomass of organs					计 Total	比例/% Percentage
		茎秆 Stem/Culm	枝 Branch	叶 Leaf	根(兜) Root	竹鞭 Rhizome		
常绿阔叶林	乔木层	127.53	29.13	2.92	39.52	-	199.12	95.90
Evergreen broad-leaved forest	乔木层 I	116.41	27.66	2.68	35.76	-	182.51	87.90
	乔木层 II	11.12	1.48	0.25	3.76	-	16.61	8.00
	灌木层	1.64	0.36	0.54	0.15	-	2.69	1.30
	草本层	-	-	0.14	0.08	-	0.22	0.11
	细根	-	-	-	5.60	-	5.60	2.70
	合计		129.17	29.49	3.6	45.35	-	207.63
	比例	62.21	14.20	1.73	21.84		100.00	
毛竹林	乔木层	79.32	16.20	3.15	24.33	13.87	136.87	78.30
<i>Ph. edulis</i> forest	毛竹	18.01	2.81	1.63	4.42	13.87	40.74	23.31
	杂木	61.32	13.39	1.52	19.91	-	96.14	55.00
	灌木层	1.45	0.66	0.73	0.62	-	3.46	1.98
	草本层	-	-	0.40	0.15	-	0.55	0.31
	细根	-	-	-	33.92	-	33.92	19.41
	合计		80.77	16.86	4.28	59.02	13.87	174.80
	比例	46.21	9.65	2.45	33.76	7.93	100.00	

3.2 主要植物各器官碳含量

不同植物不同器官其碳含量不尽相同(表 3)。从表 3 可知,丝栗栲不同器官碳含量为 43.09% ~ 45.53%,其大小依次为,秆 45.53%、叶 44.96%、枝 43.63%、根 43.09%。毛竹各器官碳含量介于 42.22% ~ 47.53%,其高低依次为,秆 47.53%、枝 46.49%、鞭 46.10%、根 45.30%、叶 42.22%。另外,苦槠栲(*Castanopsis sclerophylla*)、山乌桕(*Sapium discolor*)、油茶(*Camellia oleifera*)、绒楠(*Machilus velutina*)、狗脊(*Woodwardia japonica*)、芒萁(*Dicranopteris linearis*)等植物各器官的碳含量介于 40.21% ~ 49.54%。

3.3 植被碳储量及其分布格局变化

随森林类型的改变,森林植被碳储量有所下降(表 4)。常绿阔叶林植被碳储量为 93.26 t/hm²,毛竹林为 82.06 t/hm²,减少了 12.01%。而且碳储量的空间格局也发生了较大的变化。常绿阔叶林乔木层、灌木层、草本层、细根碳储量分别占总量的 96.18%、1.31%、0.11%、2.40%,而毛竹林却分别为 72.84%、

3.02%、0.61%、23.53%。乔木层所占比重减少了 23.34% ,而细根明显增加 植被碳储量向下层转移。

表 3 大岗山主要植物各器官碳含量特征

Tab.3 Carbon concentration in different organs of domiant species in Dagangshan %

主要树种 Species	样本数 Samples	各器官碳含量 Carbon concentration of organs				
		茎秆 Stem/Culm	枝 Branch	叶 Leaf	根(莞) Root(Base)	鞭 Rhizome
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	45	45.53(1.75)	43.63(2.50)	44.96(3.52)	43.09(3.15)	-
苦槠栲 <i>Castanopsis slerophylla</i>	30	44.27(0.80)	47.11(0.91)	45.98(1.28)	49.54(1.16)	-
山乌桕 <i>Sapium discolor</i>	30	44.70(1.48)	47.27(0.92)	46.62(2.04)	48.46(0.74)	-
毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	30	47.53(1.23)	46.49(2.19)	42.22(3.02)	45.30(3.20)	46.10(1.23)
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	12	45.35(0.87)	45.92(1.44)	44.93(1.35)	45.24(1.12)	-
绒楠 <i>Machilus velutina</i>	10	48.62(1.79)	45.50(0.60)	43.42(1.33)	42.19(1.80)	-
狗脊 <i>Woodwardia japonica</i>	10	-	-	42.44(1.00)	40.21(1.12)	-
芒萁 <i>Dicranopteris linearis</i>	10	-	-	43.60(1.06)	44.56(1.88)	-

表 4 常绿阔叶林与毛竹林植被层碳储量及其分布格局

Tab.4 Vegetation Carbon storage and its spatial distribution of *Ph. edulis* and evergreen broad-leaved forest in Dagangshan mountain t/hm²

森林类型 Forest types	层次 Layer	各器官碳储量 Carbon storage of organs					计 Total	比例 / % Percentage	
		干/秆 Stem/Culm	枝 Branch	叶 Leaf	根(莞) Root	鞭 Rhizome			
常绿阔叶林	乔木层	56.97	13.12	1.28	18.33	-	89.70	96.18	
Evergreen broad-leaved forest	乔木层 I	52.01	12.43	1.17	16.53	-	82.14	88.09	
	乔木层 II	4.96	0.68	0.11	1.80	-	7.55	8.10	
	灌木层	0.74	0.17	0.24	0.07	-	1.22	1.31	
	草本层	-	-	0.06	0.04	-	0.10	0.11	
	细根	-	-	-	2.24	-	2.24	2.40	
	合计		57.71	13.29	1.58	20.68	-	93.26	100.00
	比例		61.88	14.25	1.69	22.17	-	100.00	
毛竹林	乔木层	34.07	7.25	1.38	10.68	6.39	59.77	72.84	
<i>Ph. edulis</i> forest	毛竹	6.66	1.31	0.69	2.00	6.39	17.05	20.78	
	杂木	27.42	5.95	0.69	8.68	-	42.74	52.08	
	灌木层	1.57	0.30	0.33	0.28	-	2.48	3.02	
	草本层	0.25	-	0.18	0.07	-	0.50	0.61	
	细根	-	-	-	19.31	-	19.31	23.53	
	合计		35.89	7.55	1.89	30.34	6.39	82.06	100.00
	比例		43.74	9.20	2.30	36.97	7.79	100.00	

3.4 土壤碳储量及其分布格局变化

2 种林分土壤有机碳含量和碳储量分布格局差别不大,均以 0~20 cm 层最高 80~100 cm 层最低,但毛竹林土壤碳含量和碳储量都有所下降(表 5)。按 0~100 cm 深度计算,常绿阔叶林为 173.93 t/hm²,毛竹林为 143.84 t/hm²,后者比前者减少了 17.30%。其中 0~20 cm 层表土变化明显,阔叶林表土碳含量与碳储量分别为 4.15% 和 72.42 t/hm²,而毛竹林分别只有 3.62% 和 64.39 t/hm²,分别下降了 12.77% 和 11.09%,可能是因为毛竹快速生长和经常采伐带走了大量的营养物种,或是竹笋采挖等

经营活动加速了土壤有机质的矿化^[12 20]。

3.5 生态系统碳储量分配格局的变化

毛竹林扩张不但导致森林生态系统碳储量总量逐渐减小,而且其分配格局都发生相应变化(表 6)。常绿阔叶林生态系统碳储量总量 267.94 t/hm²,毛竹林只有 226.75 t/hm²,减少了 15.37%。从其分配格局看,常绿阔叶林乔木层占 33.48%,毛竹的乔木层却只占 26.36%,相应减少了 7.12 个百分点;常绿阔叶林细根碳储量占 0.84%,毛竹林占 8.53%,提高了 7.69%。整个生态系统的碳储量从空间上看,由地上向地下转移。其地上(干、枝、叶)与地下(凋落物、鞭蔸根、细根、土壤)碳储量之比由 1:2.69 降至 1:4.0。

表 5 常绿阔叶林与毛竹林土壤碳含量与碳储量格局

Tab. 5 Carbon concentrations and storage of soils under evergreen broad-leaved forests and *Ph. edulis* froests

土壤层次/ cm Soil depth	样本数 Samples	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest				毛竹林 <i>Ph. edulis</i> forest			
		容重/ (g·cm ⁻³) Density	含石量/% Sand content	C 含量/% C content	C 储量/ (t·hm ⁻²) C storage	容重/ (g·cm ⁻³) Density	含石量/% Sand content	C 含量/% C content	C 储量/ (t·hm ⁻²) C storage
0~20	10	0.86(0.18)	3.67(2.92)	4.15(1.20)	72.42	0.94(0.16)	10.00(7.71)	3.62(1.95)	64.39
20~40	10	1.13(0.16)	8.67(6.36)	2.10(0.62)	48.07	1.22(0.10)	15.22(10.13)	1.67(0.01)	34.56
40~60	10	1.24(0.04)	12.67(9.79)	1.27(0.24)	25.71	1.26(0.20)	21.44(4.19)	1.08(0.52)	22.85
60~80	10	1.32(0.03)	24.78(10.27)	0.98(0.21)	16.05	1.33(0.09)	31.33(15.53)	0.79(0.47)	14.62
80~100	10	1.40(0.05)	32.35(11.52)	0.58(0.06)	11.68	1.44(0.05)	40.24(14.24)	0.43(0.16)	7.42
合计 Total	-	-	-	-	173.93	-	-	-	143.84

表 6 常绿阔叶林和毛竹林生态系统碳储量分布格局

Tab. 6 Carbon storage in components of ecosystem of *Ph. edulis* froest and evergreen broad-leaved forest t/hm²

森林类型 Forest types	植被层 Vegetation layer			生态类型 Types of ecosystem			合计 Total
	乔木层 Arbor layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer	凋落物 Litter	细根 Fine root	土壤 Soil	
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	89.7	1.22	0.10	0.75	2.24	173.93	267.94
比例/% Percentage	33.48	0.46	0.04	0.28	0.84	64.91	100.00
毛竹林 <i>Ph. edulis</i> froest	59.77	2.48	0.50	0.89	19.31	143.80	226.75
比例/% Percentage	26.36	1.09	0.22	0.39	8.52	63.42	100.00

3.6 植被层碳素年固定量

毛竹林植被层碳素年固定能力比阔叶林稍强(表 7)。阔叶林植被层生物量增量为 8.68 t/(hm²·a),相当于固碳 4.15 t/(hm²·a) 折合 CO₂ 15.22 t/(hm²·a),而毛竹林年均生物量增量为 9.93 t/(hm²·a),相当于年净固碳 4.76 t/(hm²·a) 折合 CO₂ 17.45 t/(hm²·a),毛竹林年固碳能力相对常绿阔叶林提高了 14.70%,其中乔木层提高 14.06%,灌木层提高 3.23%,草本层提高了 100%。

4 小结与讨论

毛竹扩张导致常绿阔叶林逆行演替成毛竹林,结果森林生物量减少。常绿阔叶林生物量为 207.63 t/hm²,毛竹林只有 174.80 t/hm²,减少了 15.81%,主要是因为毛竹入侵导致部分木本植物竞争失败而死亡,另一方面是因为人类对毛竹林进行经常性择伐,而且生物量分配格局也发生相应变化,地下生物量比重明显增加,由常绿阔叶林的 21.84% 增加至毛竹林的 33.76%,其中细根贡献最大,由 2.70% 增至 19.41%。

同时,森林生态系统碳储量相应减少。常绿阔叶林生态系统碳储量总量 267.94 t/hm²,毛竹林生态系统为 226.75 t/hm²,减少了 15.37%,其中土壤碳储量由 173.93 t/hm² 下降到 143.84 t/hm²,减少了 17.30%,植被碳储量由 93.26 t/hm² 下降至 82.06 t/hm²,减少了 12.01%。另外,森林类型的转变使碳储量格局也发生了较大的变化,生态系统碳储量由地上转移到地下,结果使地上(干、枝、叶)与地下(凋落

物、鞭蔸根、细根、土壤) 碳储量之比由 1:2.7 变成 1:4.0, 因此必须科学经营毛竹林、合理保护土壤, 防止土壤碳汇变成碳源^[28]。

表7 常绿阔叶林和毛竹林年净固碳量

Tab.7 The annual accumulation of carbon in and evergreen broad-leaved forests *Ph. edulis* forests

森林类型 Forest types	层次 Layers	生物量增量/ ($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) Biomass increment	年固碳量/ ($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) Annual C accumulation	折合 CO ₂ 量/ ($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) Annual CO ₂ accumulation	比例/% Percentage
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	乔木层	7.89	3.77	13.82	90.84
	灌木层	0.63	0.31	1.14	7.47
	草本层	0.15	0.07	0.26	1.69
	合计	8.68	4.15	15.22	100.00
毛竹林 <i>Ph. edulis</i> forest	乔木层	8.96	4.30	15.77	90.34
	灌木层	0.69	0.32	1.17	6.72
	草本层	0.28	0.14	0.51	2.94
	合计	9.93	4.76	17.45	100.00

阔叶林转化成毛竹林后 植被年固碳能力却所增加。阔叶林植被年均固碳 $4.15 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 相当于固定 CO₂ $15.22 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 毛竹林年均固碳 $4.76 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 相当于固定 CO₂ $17.45 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 后者比前者提高了 14.70%, 其中乔木层提高 14.06% 灌木层提高 3.23% 草本层提高 100% 这与周国模等^[7]的研究结果相似。如果将采伐的竹碳加以补算 则毛竹林的固碳能力还会更强。

总之 毛竹扩张导致常绿阔叶林逆行演替成毛竹林 森林生态系统碳储量减少 毛竹林年固碳能力却比常绿阔叶林要强 这反映了亚热带森林演变过程中生态系统碳储特征的复杂性。

参考文献:

- [1]王兵,魏文俊,邢兆凯,等. 中国竹林生态系统的碳储量[J]. 生态环境 2008, 17(4): 1680-1684.
- [2]方运霆 莫江明. 鼎湖山马尾松林生态系统碳素分配和贮量的研究[J]. 广西植物 2002, 22(4): 305-310.
- [3]Houghton R A, Skole D L, Nobre et al. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon [J]. Nature 2000, 403(6767): 301-304.
- [4]莫江明,方运霆,彭少麟. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林碳素积累和分配特征[J]. 生态学报 2003, 23(10): 1970-1976.
- [5]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.
- [6]方精云. 中国森林生产力及其对全球气候变化的响应(英文) [J]. 植物生态学报 2000, 24(5): 513-517.
- [7]周国模 姜培坤. 毛竹林的碳密度和碳贮量及其空间分布[J]. 林业科学 2004, 40(6): 20-24.
- [8]肖复明,范少辉,汪思龙,等. 毛竹(*Phyllostachy pubescens*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*) 人工林生态系统碳贮量及其分配特征[J]. 生态学报 2007, 27(7): 2794-2800.
- [9]陈先刚,张一平,张小全 等. 过去 50 年中国竹林碳储量变化[J]. 生态学报 2008, 28(11): 5218-5227.
- [10]Yen T M, Lee J S. Comparing aboveground carbon sequestration between moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) and China fir (*Cunninghamia lanceolata*) forests based on the allometric model[J]. Forest Ecology and Management 2011, 261(6): 995-1002.
- [11]陈茂铨,金晓春,吴林森,等. 竹林碳汇功能及其影响因子研究进展[J]. 竹子研究汇刊 2010, 29(3): 5-9.
- [12]周国模,徐建明,吴家森. 毛竹林集约经营过程中土壤活性有机碳库的演变[J]. 林业科学 2006, 42(6): 124-128.
- [13]赵敏,周广胜. 中国森林生态系统的植物碳贮量及其影响因子分析[J]. 地理科学 2004, 24(1): 50-54.
- [14]王效科,冯宗炜,欧阳志云. 中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究[J]. 应用生态学报 2001, 12(1): 13-16.
- [15]Houghton R A, Hackler J L, Lawrence K T. The U S carbon budget: contributions from land-use change[J]. Science, 1999, 285(5427): 574-578.
- [16]《江西森林》编委会. 江西森林[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1986: 220-230.
- [17]吴家森,姜培坤,王祖良. 天目山国家级自然保护区毛竹扩张对林地土壤肥力的影响[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(4): 689-692.

- [18] 丁丽霞, 王祖良, 周国模, 等. 天目山国家级自然保护区毛竹林扩张遥感监测[J]. 浙江林学院学报 2006, 23(3): 297-300.
- [19] 杨怀, 李培学, 戴慧堂, 等. 鸡公山毛竹扩张对植物多样性的影响及控制措施[J]. 信阳师范学院学报: 自然科学版 2010, 23(4): 553-557.
- [20] 李正才, 杨校生, 蔡晓郡, 等. 竹林培育对生态系统碳储量的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版 2010, 34(1): 24-28.
- [21] 王兵, 李海静, 李少宁, 等. 大岗山中亚热带常绿阔叶林物种多样性研究[J]. 江西农业大学学报 2005, 27(5): 678-682, 699.
- [22] 马向前, 王兵, 郭浩, 等. 江西大岗山森林生态系统健康研究[J]. 江西农业大学学报 2008, 30(1): 59-63.
- [23] 王燕, 王兵, 赵广东, 等. 江西大岗山3种林型土壤水分子物理性质研究[J]. 水土保持学报 2008, 22(1): 151-153, 173.
- [24] 杨清培, 李鸣光, 王伯荪, 等. 粤西南亚热带森林演替过程中的生物量与净第一性生产力动态[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2136-2140.
- [25] 范少辉, 肖复明, 汪思龙, 等. 毛竹林细根生物量及其周转[J]. 林业科学 2009, 45(7): 1-6.
- [26] 郭忠玲, 郑金萍, 马元丹, 等. 长白山几种主要森林群落木本植物细根生物量及其动态[J]. 生态学报 2006, 26(9): 2855-2862.
- [27] 王兵, 王燕, 郭浩, 等. 江西大岗山毛竹林碳贮量及其分配特征[J]. 北京林业大学学报 2009(6): 39-42.
- [28] 刘纪远, 王绍强, 陈镜明, 等. 1990—2000年中国土壤碳氮蓄积量与土地利用变化[J]. 地理学报 2004, 59(4): 483-496.

我校一科研项目通过成果鉴定达国际先进水平

2011年6月21日,江西省科技厅组织有关专家对我校贺浩华教授主持的“超级杂交晚稻淦鑫688等新组合的选育与应用”项目进行了成果鉴定。以福建农科院谢华安院士、江西农科院颜龙安院士、中国水稻所程式华所长、中国农业大学孙传清教授等组成的省内外专家团一致认为:该项目的双季稻育种技术和选育的品种具有创新性和实用性,成果达到国际先进水平。

该项目以基础研究为指导,以新品种选育为重点,以技术配套为依托,以示范推广为目标,取得了多项成果。首次提出了“性状机能协调型”的双季稻育种思路,选育出大穗优质香型恢复系昌恢121,育成江西省首个超级稻淦鑫688在内的3个晚稻组合。选育的超级稻淦鑫688具有株型好、材料高、米质优、抗性较强、适应性强等特点,通过江西省和广东梅州市品种审定,广西和湖南两省的引种许可,2007年被农业部认定为超级稻,是江西省首个具有自主知识产权的超级稻品种,也是当年通过认证的12个超级稻品种中唯一的晚稻品种,并被评为2007年度“江西十大科技事件”,江西省改革开放30年重大科技成果之一,2009年被农业部确定为17个水稻主导品种之一。昌恢121和淦鑫688均获得国家植物新品种权保护。项目创新“建设销售网络、建立示范样板、层层开展培训、全程跟踪服务”示范推广模式,促进了成果的示范推广。截止2010年,淦鑫688等3个组合在江西、广东、广西、湖南等累计推广面积96.6万 hm^2 ,共增加社会经济效益14.83亿元。

• 科技处 •