

文章编号: 1000-5692(2007)05-0581-06

7种不同林农土地利用类型残体的有机碳储量

李正才¹, 徐德应², 杨校生¹, 傅懋毅¹, 孙雪忠³, 奚金荣³

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 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. 浙江省富阳市林业局, 浙江 富阳 311400)

摘要: 2005年12月初, 对浙江省富阳市7种不同土地利用类型残体现存有机碳的储量进行了研究。研究表明: ①地上部分细残体有机碳储量以杉木 *Cunninghamia lanceolata* 林最多, 其次是粗放经营毛竹 *Phyllostachys pubescens* 林、马尾松 *Pinus massoniana* 林、次生林、灌木林和毛竹集约经营林, 农耕地最小; 并且以叶片的有机碳储量为主, 其次是枝条和腐解物, 草本植物茎叶和花果树皮等储量均不超过10%; 几种土地利用类型下, 地上部分粗残体的有机碳储量均比较小。②7种土地利用类型下, 地下部分细残体有机碳的储量均很接近, 且小于2 mm的细残体有机碳储量均在50%以上; 毛竹林地下粗残体的有机碳储量要比其他几种类型的要高, 次生林、杉木林和马尾松林和灌木林地下部分粗残体有机碳储量非常接近。③7种土地利用类型下, 以毛竹粗放经营竹林和杉木林的残体有机碳储量为最大, 分别达到了3.20和3.19 t·hm⁻², 是农耕地残体有机碳储量的3.4倍; 次生林、马尾松林和集约经营的竹林残体有机碳储量为2.7~1.6 t·hm⁻², 也分别比农耕地残体有机碳储量大; 农耕地的残体有机碳储量最低, 只有0.94 t·hm⁻²; 不同土地利用类型残体有机碳储量由高到低的顺序为: 粗放经营毛竹林>杉木林>马尾松林>次生林>集约经营毛竹林>灌木林和农耕地。表6参19

关键词: 生态学; 土地利用类型; 森林残体; 有机碳储量; 森林枯落物; 生物量

中图分类号: S718.55 **文献标志码:** A

森林残体(枯落物)是森林生态系统的重要组成部分, 作为养分的基本载体, 在养分循环中是连接植物与土壤的“纽带”, 是森林生态系统物质循环的重要环节。它不仅对森林资源的保护和永续利用起着重要作用, 而且还对涵养水源和水土保持具有重要意义。所以, 森林残体(枯落物)是森林生态学、森林土壤学、森林水文学、生物地球化学和环境化学等学科的重要研究内容之一^[1-13]。一般将落叶和直径小于2.5 cm落枝归为森林细残体(枯落物), 而将林中直径大于等于2.5 cm的枯立木、倒木和大的枝条统称为粗死木质残体(coarse woody debris, 简称CWD)。以前人们更多的是关注植物活体碳库和土壤碳库, 对残体的研究从养分循环方面研究的较多, 而对残体碳库方面研究则比较少。但植物残体也是森林生态系统中的重要碳库之一, 枯落物分解后向土壤释放的养分元素不仅仅是维持生态系统自身生长所需养分的重要来源之一, 而且也是土壤有机碳的重要来源^[14, 15], 因此, 开展植物残体碳库的研究具有重要意义。

收稿日期: 2006-12-26; 修回日期: 2007-04-12

基金项目: 国际合作项目(CPR/00/G33/A/IG/99)

作者简介: 李正才, 副研究员, 博士, 从事森林生态学研究。E-mail: lizocaf@126.com

1 试验地概况和样地选择

1.1 试验地区概况

试验区位于浙江省富阳市, $29^{\circ}44' \sim 30^{\circ}12'N$, $119^{\circ}25' \sim 120^{\circ}09'E$, 属北亚热带季风气候, 雨水充沛, 气候温和, 年均气温为 $16.2^{\circ}C$, 年均降水量 1464 mm , 无霜期 237 d 。

该地区历史上为森林地带, 顶极群落是北亚热带常绿阔叶林。由于过去对木材、薪炭需求量的增加以及农业活动的发展, 天然原始林大多已遭到破坏, 森林被砍伐转化为次生林、农业用地和人工林, 现存主要是次生林(以壳斗科 *Fagaceae*, 樟科 *Lauraceae*, 山茶科 *Theaceae*, 木兰科 *Magnoliaceae* 植物为主)和人工林。人工林以杉木 *Cunninghamia lanceolata*, 毛竹 *Phyllostachys pubescens*; 马尾松 *Pinus massoniana*, 早竹 *Phyllostachys praecox* 和茶 *Camellia sinensis* 等为主。农耕地作物主要以豆科 *Leguminosae* 类植物为主。

1.2 试验地选择和样地经营概况

本研究采用相邻样地比较方法, 即通过土地利用变化巨大林区, 选择邻近相同海拔、坡向, 成土母质、土壤条件和环境因子基本一致的不同土地利用/覆盖变化类型作为研究对象, 以保证不同土地利用类型的可比性。在 2005 年 12 月初, 设立野外调查样方。调查样地的基本情况见表 1。

表 1 试验样地的基本情况

Table 1 Primary information of survey experimental plots

土地利用/覆盖类型	主要植物	平均树高/m	平均胸径/cm	立木密度/(株·hm ⁻²)	郁闭度	管理方式	林龄或生长期/a
天然次生林	壳斗科、樟科、山茶科和木兰科	10~15	11~25	825~975	0.7~0.9	封山育林	50
集约经营毛竹林	毛竹	9~12	8~14	1800~2250	0.7~0.8	林地每年劈山 1 次, 2 年垦复 1 次	≥18
粗放经营毛竹林	毛竹	8~11	7~11	2100~2700	0.7~0.8	不劈山、不垦复、不施肥	≥50
杉木林	杉木	8~11	15~20	1800~2250	0.7~0.8	抚育	20
马尾松林	马尾松	7~9	11~17	1250	0.8	抚育	16
灌木林	壳斗科、樟科和山茶科为主	2~3			0.7	薪材山	>50
农耕地	豆科					耕作	1

2 研究方法

地上部分粗木质残体的调查: 在天然次生林、杉木林、马尾松林、毛竹林(粗放和集约经营林分)等 5 种土地利用类型内, 各设置 6 个 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的大样方, 对样方内枯立木和倒木进行每木调查, 记上序号, 标明树种, 并逐株登记其高度、胸径(DBH)和死亡时间; 根据平均胸径推算标准木, 选择标准木称鲜质量, 从中取出至少 300 g 样品(下同), 现场称量后带回室内在 $80^{\circ}C$ 下烘干至恒质量, 求得样品干鲜比, 从而求得标准木以及整个林地单位面积的干质量^[13], 采用重铬酸钾法测定有机碳含量^[16](下同)。天然次生林、杉木林、马尾松林和毛竹林地表残体的调查: 在调查不同土地利用类型活体有机碳储量所设置的调查样地内(样方面积为 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$), 按梅花形设置 5 个面积 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的小样方, 各重复 6 次, 采用“样方收获法”分别粗残体和细残体测定地表残体的量, 样品带回实验室测定含水率和碳含量。灌木林和农耕地地表残体的调查: 在每一种土地利用类型里, 随机设置 5 个面积 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的小样方, 各重复 6 次, 采用“样方收获法”分别粗、细残体调查残体的量, 样品带回实验室测定含水率和碳含量。植物地下部分粗、细死木质残体现存量调查: 在 7 种土地利用类型里, 按照梅花形随机布置 1 块 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的样方, 各重复 6 次, 分层次(森林枯落物层, $0 \sim 10$, $10 \sim 20$, $20 \sim 30$, $30 \sim 50$, 50 cm 以上)挖掘土壤, 检出所有的根系, 分出死根与活根, 然后把它们分为细残体(直径 < 2 , $2 \sim 5$, $5 \sim 10$, $10 \sim 25\text{ mm}$)和粗残体^[17](直径 $> 25\text{ mm}$), 撒掉土壤并称量, 并取至少 300 g

样品带回实验室测定含水率和碳含量。

3 结果与分析

3.1 植被地上部分细残体生物量有机碳储量和分配

植物细残体碳库地上部分包括落叶、小枝条、落果、枯死草本茎叶, 及半分解状态碎小物和腐解物。地上细残体碳库的组成和储量取决于植物叶片、花、果实小枝死亡凋落, 草本茎叶枯死及其部分分解形成碎小残体和半腐解残体的过程, 这些过程又受到植被生物学特征, 植被组成, 土地利用方式和环境条件的影响。在不同土地利用/植被覆盖情况下, 植被组成和环境条件都具有较大的差异, 因此, 形成的细残体碳库的储量也必然不同(表 2)。

表 2 不同土地利用方式植被地上部分细残体有机碳储量和分配

Table 2 The storage and distribution of carbon of fine debris above-ground among land-use types

土地利用类型	有机碳储量/(t·hm ⁻²)					合计	标准差
	落叶	枝条	草本植物茎叶	腐解物	其他(花果树皮等)		
杉木林	1.19 (50.40)	0.52 (22.20)	0.16 (6.70)	0.38 (16.30)	0.10 (4.40)	2.36 a (100)	0.104
粗放经营毛竹林	1.40 (70.80)	0.09 (4.60)	0.09 (4.70)	0.32 (16.30)	0.07 (3.60)	1.98 b (100)	0.086
马尾松林	1.00 (58.40)	0.34 (19.64)	0.07 (4.20)	0.23 (13.30)	0.08 (4.46)	1.71 c (100)	0.085
次生林	0.86 (54.40)	0.34 (21.56)	0.05 (3.22)	0.23 (14.20)	0.11 (6.63)	1.59 dc (100)	0.141
灌木林	0.60 (43.40)	0.38 (27.64)	0.10 (7.20)	0.21 (15.30)	0.09 (6.46)	1.39 d (100)	0.075
集约经营毛竹林	0.68 (72.30)	0.00 (0.00)	0.06 (0.00)	0.20 (21.30)	0.00 (0.00)	0.94 e (100)	0.052
农耕地	0.27 (65.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.13 (32.00)	0.01 (3.00)	0.41 f (100)	0.026
统计检验	F= 53.70, F _{0.05} = 0.000						

说明: a~f 表示 *t* 检验 0.05 水平差异, 括号内为百分数。字母相同表示差异不显著; 字母不同表示差异显著; 表 3~5 同。

由表 2 看出, 上述 7 种不同土地利用类型, 杉木枯落物由于分解速度慢, 地上部分现存的细残体有机碳储量最高, 达到了 2.36 t·hm⁻², 分别高于粗放经营毛竹林、马尾松林、次生林、灌木林和农耕地地上部分细残体有机碳的储量, 农耕地细残体有机碳的储量最低, 并要远远低于其他几种森林类型细残体有机碳储量。

3.2 植物地上部分粗残体生物量有机碳储量和分配

本研究选择的次生林、杉木林和马尾松林均处于旺盛的生长阶段, 自然死亡不多, 故地上部分粗残体主要以大的枝条为主(表 3), 立枯木和倒木的有机碳储量占整个粗残体有机碳储量的比例较低; 集约经营的林分, 林分内经常清理立枯木、倒木和大的枝条, 因此, 粗木质残体的碳储量为零; 粗放经营的毛竹林虽然不劈

表 3 不同土地利用方式植被地上部分粗残体有机碳储量和分配

Table 3 The storage and distribution of carbon of coarse wood debris above-ground among land-use types

土地利用类型	有机碳储量/(t·hm ⁻²)			合计	标准差
	大枝	立枯	倒木		
次生林	0.18 (73.80)	0.06 (23.20)	0.01 (3.00)	0.24 a (100)	0.050
杉木林	0.15 (84.47)	0.02 (11.53)	0.01 (4.00)	0.17 b (100)	0.025
马尾松林	0.09 (72.30)	0.03 (26.40)	0.00 (1.30)	0.13 c (100)	0.024
灌木林	0.10 (84.20)	0.01 (13.20)	0.00 (2.60)	0.11 c (100)	0.029
集约经营毛竹林	0.00	0.00	0.00	0.00 d	
粗放经营毛竹林	0.00	0.00	0.00	0.00 d	
农耕地	0.00	0.00	0.00	0.00 d	
统计检验	F= 71.83, F _{0.05} = 0.000				

说明: a~d 表示 *t* 检验 0.05 水平差异。

山,不垦复,不施肥,但是由于竹材采伐的时候也及时清理了采伐剩余物和枯死的毛竹,因此,林内也同样没有粗死木质残体(表3)。

3.3 植物地下部分细残体生物量有机碳储量和分配

由表4可以发现:①次生林、杉木林、马尾松林、灌木林和农耕地小于2 mm的细残体有机碳储量均在50%以上,其次是2~5, 5~10 mm细残体有机碳储量,最少的是10~25 mm细残体有机碳储量。②毛竹林生态系统,由于地下系统具有竹鞭的缘故,因此,10~25 mm的残体有机碳储量的比例要高于其他几种类型残体有机碳储量的比例,小于2 mm仍然占据很大的比例;③几种土地利用类型下,地下细残体有机碳的储量存在一定的差异。

3.4 植物地下部分粗残体生物量有机碳储量和分配

天然林、马尾松林和杉木林处于旺盛的生长阶段,自然稀疏少;天然林和马尾松林死亡的主要部分为林下植被,杉木林主要是由于间伐时留下的伐桩,而灌木林主要是由于砍柴时候部分树木死亡的缘故,而竹林地下粗残体主要是来源于竹材采伐的时候留下的竹桩。由表5可以发现:①由于毛竹林大年伐竹、择伐作业的缘故,因此,地下粗残体的有机碳储量要比其他几种类型的要高,达到了0.83和0.67 t·hm⁻²左右,而次生林、杉木林、马尾松林和灌木林地下粗残体有机碳储量非常接近。②几种土地利用类型下,除了灌木林大根有机碳储量高于灌木林树桩外,其他几种类型树桩的有机碳储量均要高于大根的有机碳储量。

3.5 植物总残体生物量有机碳储量

由表6可以发现:①几种土地利用类型下,以粗放经营毛竹林和杉木林的残体有机碳储量为最大,分别达到了3.2和3.19 t·hm⁻²,是农耕地残体有机碳储量的3.4倍;②次生林、马尾松林、集约经营毛竹林和灌木林残体有机碳储量介于1.6~2.7 t·hm⁻²,也分别比农耕地残体有机碳储量大。③农耕地的残体有机碳储量最低,只有0.94 t·hm⁻²。④残体有机碳储量由高到低的顺序为:粗放经营毛竹林>杉木林>马尾松林>次生林>集约经营毛竹林>灌木林>农耕地。

表4 不同土地利用方式植被地下部分细残体有机碳储量和分配

Table 4 The storage and distribution of carbon of fine root debris among land-use types

土地利用类型	有机碳储量/(t·hm ⁻²)					标准差
	<2	2~5	5~10	10~25 mm	合计	
马尾松林	0.36 (56.50)	0.18 (27.91)	0.06 (8.89)	0.04 (6.70)	0.64 a (100)	0.040
粗放经营毛竹林	0.26 (47.24)	0.13 (23.05)	0.04 (6.42)	0.13 (23.28)	0.56 abc (100)	0.052
农耕地	0.30 (55.80)	0.15 (27.52)	0.05 (9.97)	0.04 (6.71)	0.53 db (100)	0.073
次生林	0.27 (53.82)	0.13 (26.80)	0.07 (14.06)	0.03 (5.32)	0.50 dec (100)	0.077
灌木林	0.22 (52.38)	0.11 (26.19)	0.04 (9.52)	0.05 (11.90)	0.42 fe (100)	0.120
杉木林	0.24 (61.46)	0.10 (25.37)	0.03 (8.23)	0.02 (4.94)	0.39 f (100)	0.072
集约经营毛竹林	0.19 (51.42)	0.08 (21.57)	0.02 (5.01)	0.08 (22.01)	0.37 f (100)	0.041
统计检验	F=9.06 F _{0.05} =0.000					

说明: a~f表示 t 检验 0.05 水平差异。

表5 不同土地利用方式植被地下部分粗残体有机碳储量和分配

Table 5 The storage and distribution of carbon of coarse wood root debris among land-use types

土地利用类型	有机碳储量/(t·hm ⁻²)			标准差
	树桩	大根	合计	
集约经营毛竹林	0.54 (65.40)	0.29 (34.60)	0.83 a (100)	0.120
粗放经营毛竹林	0.45 (67.20)	0.22 (32.80)	0.67 b (100)	0.046
杉木林	0.13 (46.70)	0.14 (53.30)	0.27 c (100)	0.020
马尾松林	0.14 (64.20)	0.08 (35.80)	0.22 c (100)	0.046
次生林	0.12 (58.30)	0.09 (41.70)	0.21 c (100)	0.071
灌木林	0.05 (46.30)	0.06 (53.70)	0.11 d (100)	0.033
农耕地	0.00	0.00	0.00 e	
统计检验	F=130.69, F _{0.05} =0.000			

说明: a~e表示 t 检验 0.05 水平差异。

4 结论与讨论

7 种土地利用类型, 地上部分细残体有机碳储量由高到低的顺序为: 杉木林> 粗放经营毛竹林> 马尾松林> 次生林> 灌木林> 集约经营毛竹林和农耕地, 并且以叶片的有机碳储量为主, 其次是枝条和腐解物, 草本植物茎叶和花果树皮等储量均不超过 10%; 几种土地利用类型下, 地上部分粗残体的有机碳储量均比较小。

7 种土地利用类型, 地下细残体有机碳的储量均很接近, 且小于 2 mm 的细残体有机碳储量均在 50% 以上; 毛竹林地下粗残体的有机碳储量要比其他几种类型的要高, 次生林、杉木林和马尾松林和灌木林地地下部分粗残体有机碳储量非常接近。

本研究主要对 7 种不同土地利用类型植被生长期末期现存残体有机碳储量进行了研究, 不同的土地利用类型植被类型不一样, 残体(枯落物)形成节律和分解速率不一样, 因此现存残体有机碳的储量也存在一定的差异。Malhi 等^[18] 总结热带森林中叶片和木质残体的有机碳储量为 $41.4 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 温带森林叶片和木质残体和根系残体的有机碳储量分别是 $11.7 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $8.7 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 北方森林叶片和木质残体、根系残体分别为 $6.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $1.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。本研究天然次生林的残体有机碳为 $2.54 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 低于 Malhi 等研究的热带森林残体和温带森林残体有机碳储量, 但是和 Vogt^[19] 总结的亚热带森林残体有机碳储量相接近。

7 种土地利用类型下, 总的残体有机碳储量由高到低的顺序为: 粗放经营毛竹林> 杉木林> 马尾松林> 次生林> 集约经营毛竹林> 灌木林> 农耕地。

致谢: 外业调查得到了浙江省富阳市林业局的大力支持, 内业分析得到国家林业局亚热带林木实验室的协助, 中国林业科学研究院亚热带林业研究所首席专家顾小平博士认真仔细地审阅了全文。在此一并致谢。

参考文献:

- [1] HARMON M E, FRANKLIN J F, SWANSON F J, *et al.* Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystem[J]. *Adv Ecol Res*, 1986, 15: 133–302.
- [2] MCFEE W W, STONE E L. The persistence of decaying wood in humus layers of northern forests[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1966, 30: 513–516.
- [3] 陈华, HARMON M E. 温带森林生态系统粗死木质物动态研究[J]. *应用生态学报*, 1992, 3(2): 99–104.
- [4] 李志安, 邹碧, 曹裕松, 等. 森林凋落物分解重要影响因子及其研究进展[J]. *生态学杂志*, 2004, 23(6): 129–133.
- [5] 林波, 刘庆一, 吴彦, 等. 森林凋落物研究进展[J]. *生态学杂志*, 2004, 23(1): 60–64.
- [6] 马祥庆, 刘爱琴, 何智英, 等. 杉木幼林生态系统凋落物及其分解作用研究[J]. *植物生态学报*, 1997, 21(6): 564–570.
- [7] 刘增文. 森林生态系统中枯落物分解速率研究方法[J]. *生态学报*, 2002, 22(6): 954–956.
- [8] 王希华, 黄建军, 闫恩荣. 天童国家森林公园常见植物凋落叶分解的研究[J]. *植物生态学报*, 2004, 28(4): 457–467.
- [9] 吴承祯, 洪伟, 姜志林, 等. 我国森林凋落物研究进展[J]. *江西农业大学学报*, 2000, 22(3): 405–410.
- [10] 杨细明. 马尾松人工林凋落物分解及养分释放规律[J]. *福建林学院学报*, 2002, 22(1): 1–3.
- [11] 郝占庆, 吕航. 木质物残体在森林生态系统中的功能评述[J]. *生态学进展*, 1989, 6(3): 179–183.

表 6 不同土地利用方式总残体有机碳储量

Table 6 The total carbon storage of debris among land-use types

土地利用类型	有机碳储量/($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
粗放经营毛竹林	3.20 a
杉木林	3.19 a
马尾松林	2.71 ab
次生林	2.54 b
集约经营毛竹林	2.14 b
灌木林	2.03 b
农耕地	0.94 d

说明: a~d 表示 *t* 检验 0.05 水平差异。

- [12] DRAY J R, GORHAM E. Litter production in forests of the world[J]. *Adv Ecol Res*, 1964, 2: 101—157.
- [13] WILLIAMS B L. Nitrogen mineralization and organic mater decomposition in Scots pine humus[J]. *Forestry*, 1972, 45 (2): 177—188.
- [14] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳储量和碳平衡[J]. *植物生态学报*, 2000, 24 (5): 518—522.
- [15] 李凌浩. 武夷山甜槠林粗死木质残体的储量、动态及功能评述[J]. *植物生态学报*, 1996, 20 (2): 132—144.
- [16] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [17] 吴建国, 徐德应. 土地利用变化对土壤有机碳的影响[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [18] MALHI Y, BALDOCCHI D D, JARVIS P G. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests[J]. *Plant Cell Environ*, 1999, 22 (6): 715—740.
- [19] VOGT K, D VOGT S, BROWN J, *et al.* Dynamics of forest floor and soil organic matter accumulation in boreal, temperate, and tropical forests[J]. *Adv Soil Sci*, 1995, 62: 159—178.

Organic carbon storage in forest debris of seven vegetation cover types

LI Zheng-cai¹, XU De-ying², YANG Xiao-sheng¹, FU Mao-yi¹, SUN Xue-zhong³, XI Jin-rong³

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, The Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China;
2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Forest Enterprise of Fuyang City, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: This study considered organic carbon storage in fine forest debris (< 2, 2—5, 5—10 and 10—25 mm in diameter) and coarse forest debris (≥ 25 mm in diameter) of different vegetation types, namely stands of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*), extensively managed bamboo (*Phyllostachys pubescens*), masson pine (*Pinus massoniana*), natural secondary forest (hardwood stand), and intensively managed bamboo (*Phyllostachys pubescens*), as well as shrub land, and agricultural cropped land, in Fuyang City, Zhejiang Province. The forest debris includes falling leaves, twiggy branches, fruits, dead herb, half-decomposed products, and decomposed debris. Results showed that (1) organic carbon storage in fine forest debris from greatest to least was Chinese fir > extensively managed bamboo > masson pine > natural secondary forest > shrubs > intensively managed bamboo > agricultural cropped land. Total carbon of fine forest debris was mainly stored in the leaf, followed by the branch, and then the decomposed debris, while carbon storage in the dead herb was less than 10%. In addition, (2) the underground carbon storage in fine debris, which for the different vegetation types was similar, accounted for more than 50% of the total carbon storage. Meanwhile, for the coarse debris, underground carbon storage in both bamboo stands was higher ($P < 0.05$) compared to other vegetation cover types. Also, (3) carbon storage in debris of the extensively managed bamboo ($3.20 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) and Chinese fir ($3.19 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) stands was 3.4 times more than agricultural cropped land ($0.94 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$); whereas natural secondary forest masson pine, and intensively managed bamboo stands were between 2.7 to $1.6 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, which was also higher than that of the agricultural cropped land. Overall, carbon storage in total debris was ranked: extensively managed bamboo > Chinese fir > masson pine > natural secondary forest > intensively managed bamboo > shrubs > agricultural cropped land. [Ch, 6 tab. 19 ref.]

Key words: ecology; vegetation cover types; forest debris; storage of organic carbon; litter; biomass