

文章编号: 1008-2786-(2007)6-714-07

祁连山不同植被类型残体碳库贮量研究

常宗强, 冯起, 司建华, 苏永红, 席海洋

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 阿拉善荒漠生态—水文试验研究站, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 采用野外调查测定、野外定位研究和室内分析相结合的方法, 在植被类型变化较大林区, 选择邻近相同海拔、坡向和土壤类型的天然林(青海云杉林、祁连圆柏林、高山灌丛林)、人工林(13 a华北落叶松)、牧坡草地和农田几种植被类型土壤为研究对象, 研究了祁连山不同植被类型残体碳库贮量、组成与形成特征, 结果表明: 天然林残体碳总贮量为 $510.09 \sim 639.7 \text{ gC/m}^2$, 农田和草地分别为 71.4 gC/m^2 和 169.65 gC/m^2 , 人工林为 503.75 gC/m^2 。天然林地上残体碳年形成量为 $63.48 \sim 485 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 地下为 $267.8 \sim 314.3 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 人工林地上为 $203.7 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 地下为 $187.2 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 农田地上为 $47.8 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 地下为 $106.4 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 草地地上为 $98.3 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 地下为 $147.3 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。在不同植被类型中, 从天然林到农田或草地, 残体碳库贮量及形成量减小。

关键词: 残体碳库贮量; 粗残体; 细残体; 植被类型

中图分类号: Q948

文献标识码: A

植被残体碳是生态系统中由植物死亡后没有分解或者不同程度分解的残体中的碳, 它们是土壤有机碳的主要输入来源, 也是联系植被与土壤碳库的纽带^[1-3]。不同植被类型, 植物残体碳库组成、贮量及形成也不同, 这些不同又将进一步会影响土壤有机碳积累的变化^[4-6]。因此, 评价不同植被类型对生态系统碳库影响, 尤其不同植被类型土壤有机碳积累的变化, 残体碳库组成及形成部分的分析是必不可少的内容^[7]。处于全球暖化敏感的中高纬度地区的祁连山森林是中国西部内陆河流域的主要林区, 在我国碳汇管理和生态环境建设中起着举足轻重的作用。为此, 祁连山不同植被类型的土壤碳贮量研究引起了人们的关注。由于关于祁连山北坡不同植被类型的残体碳库的研究鲜见报道, 因此, 对祁连山不同植被类型的残体碳库的研究, 不仅对于评估祁连山植被碳收支非常关键, 而且对于评测中国温带植被在全球碳循环中的功能和地位也有着重要

的意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设在国家林业局甘肃祁连山水源涵养林生态定位研究站西水次生林区 ($100^{\circ}17'E$, $38^{\circ}24'N$), 试验区年平均气温 0.7°C , 最热月(7月)气温 12.2°C , 最冷月(1月)气温 -12.9°C , 年降水量 433.6 mm , 年蒸发量 1081.7 mm , 年均相对湿度 60% , 年日照时数 1892.6 h 日辐射总量 11028 kW/m^2 ^[8]。试验区在地质结构上属昆仑祁连山褶皱系北祁连山褶皱带, 为高山深谷、坡度陡峻的地貌形态。岩石破碎, 主要有泥灰岩、砾岩、紫红色砂页岩等, 岩石褶皱剧烈、断层多, 具有明显的冰成地形, 坡积物疏松, 常发生浅层滑坡、泥石流和崩塌^[9]。试验区位于祁连山自然保护区的核心区和缓冲区,

收稿日期 (Received date): 2007-05-09; 改回日期 (Accepted): 2007-09-01.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (40671010 40501012); 中国科学院西部行动计划 (二期) 项目 (KZCX2-XB2-04-02); 中国气象局气候变化专项项目 (CCSF2007-34)。[National Natural Science Foundation of China (40671010 40501012); West-action Program in Chinese Academy of Sciences (KZCX2-XB2-04-02) and Climate Change Special Funds of China Meteorological Administration (CCSF2007-34)]

作者简介 (Biography): 常宗强, 男, 1974年生, 博士, 助理研究员, 主要从事干旱区生态水文及碳循环研究, 发表论文 15篇。[Chang Zongqiang (1974-), male, specialized in eco-hydrology of Arid area and Carbon cycle, mailto: changzq@lzb.ac.cn]

植物种类丰富, 植被类型和土壤类型的垂直变化是祁连山的典型^[10]。建群种青海云杉成块状分布在试验区海拔 2 400~ 3 300 m 阴坡和半阴坡地带, 与阳坡草场成犬牙状交错; 祁连圆柏呈小块状分布于阳坡、半阳坡; 灌木优势种有金露梅 (*Dasiphora fruticosa*)、箭叶锦鸡儿 (*Caragana jubata*)、吉拉柳 (*Salix gilashanica*) 等; 草本主要有珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*)、黑穗苔草 (*Carex atrata*) 等。

本研究应用相邻样地比较的方法。为了减少这些样地间地形及气候差异性, 在平缓中上坡地段, 选择最为邻近、相同坡向和土壤类型的 13 a 华北落叶

松人工林 9 块, 每块 10 m × 20 m; 青海云杉林、祁连圆柏林各 9 块, 每块 20 m × 20 m; 高山灌丛林 8 块, 每块为 10 m × 10 m; 牧草地和农田各 9 块, 每块为 10 m × 10 m。所选择人工林都是在原先的天然林破坏成草地或开垦成农田后又营造的, 牧草地和农田是天然林破坏形成的, 而天然林又是本地原始林反复破坏后又封山保护形成的次生林, 青海云杉林平均林龄约为 90 a, 祁连圆柏林约为 150 a, 高山灌丛林约为 60 a, 而人工林则比较单一, 全部是在 1993 年通过人工栽植的华北落叶松, 其林龄为 13 a。所选择样地基本情况见表 1。

表 1 选择样地基本情况
Table 1 The condition of different plots

植被类型	坡度 (°)	坡向	海拔 (m)	主要植物	土壤类型
青海云杉林	20~ 27	半阴坡	2 750	青海云杉	森林灰褐土
天然林 祁连圆柏林	20~ 27	半阴坡	2 800	祁连圆柏、金露梅、叉子圆柏	森林灰褐土
高山灌丛林	20~ 25	半阴坡	2 900	金露梅、叉子圆柏、鲜黄小檗、银露梅	亚高山灌丛草甸土
人工林	15~ 22	半阴坡	2 675	华北落叶松	山地灰褐土
牧坡草地	15~ 25	半阴坡	2 700	披针苔草、珠芽蓼、萎萎菜、藓生马先蒿	山地灰褐土
农田	9~ 15	半阴坡	2 570	青稞、燕麦	山地灰褐土

1.2 研究方法和试验设计

植物地上粗残体和细残体生物量的调查: Buchmann 等提出以直径 > 25 mm 的木质残体作为粗木质残体的最低界限, 而将小于此界限的木质残体称为细木质残体^[11]。在乔木林每块样地设定 10 m × 10 m 样方, 在每个样方内, 对所有的地上部分的植物粗残体进行收集, 对这些凋落物进行分类 (站杆、倒木、大枝) 后, 分别测定鲜重和干重。而在样方对角线上设置 1 m × 1 m 样方 5 块, 收集地上部分的碎小凋落物 (地表的枯枝落叶与小枝) 残体, 测定干重。

在乔灌木林与灌木林每样地中设置 5 m × 5 m 样方 5 块, 收集所有的植物粗残体, 进行分类 (站杆、倒木、大枝) 称重, 测定干重。同时在对角线上设置 1 m × 1 m 样方 8 块, 收集所有的枯枝落叶测定干重。在草地与农田中设置 1 × 1 m² 样方 5 块, 收集所有的地上的部分, 分出死亡和活体部分, 分别称其干重。

地上新凋落细残体生物量调查: 对乔木林、灌木林按坡上、坡中与坡下布设 0.5 × 0.5 × 0.2 m³ 的凋落物收集箱 40 个, 在落叶期间, 每月测定一次凋落物干重。用 1 × 1 × 0.2 m³ 方框在秋后用收获方法测定样地中的草本鲜草部分的干重。在农田与草地

中设置 1 × 1 m² 样方 5 块, 生长季末收集所有的枯死物部分, 测定干重。

根系粗残体生物量的调查: 乔木林灌木林中大根及树桩的调查用挖掘剖面方法, 即在每块样地按梅花形机械布置 10 块 1 × 1 m² 样方, 分层 (森林凋落层、0~ 10 cm, 10~ 20 cm, 20~ 30 cm, > 30 cm) 挖掘土壤, 捡出所有的根, 分出死根与活根, 然后把它们分别分成 5 个等级 (< 2 mm, 2~ 5 mm, 5~ 10 mm, > 10 mm), 刷掉土壤粒, 测定干重。细根的调查用根钻方法, 即用内径 80 mm 根钻, 于每年生长季 (5~ 10 月) 按枯落物层、0~ 5, 5~ 10, 10~ 20, 20~ 40 和 40 cm 以下土层分层取样, 每样地 20 次重复。在室内通过清洗、瞬选, 分别测定 < 2 mm 死细根和活细根的量, 用决策矩阵法计算细根的生产、周转、死亡量和分解量。草地与农田中根用内径 80 mm 根钻在室内通过清洗、瞬选, 分别测定死根和活根量。

2 结果与分析

2.1 植物残体碳库贮量与组成

2.1.1 细残体碳库

细残体指除粗残体之外残体部分,其中地上包括落叶、小枝、落花、落果、枯死草茎叶及半分解状态碎小物和腐解物,地下包括树桩和大根以外的死根。

图 1 是不同植被类型中细残体碳贮量。图中显

示,天然林地上细残体碳在 $510.09 \sim 639.7 \text{ gC/m}^2$,人工林为 503.75 gC/m^2 ,农田和草地中分别为 71.4 gC/m^2 和 169.65 gC/m^2 。表明植被类型从天然林到农田和草地,地上细残体碳贮量降低。而在农田或草地中造林之后,地上残体碳贮量增加。

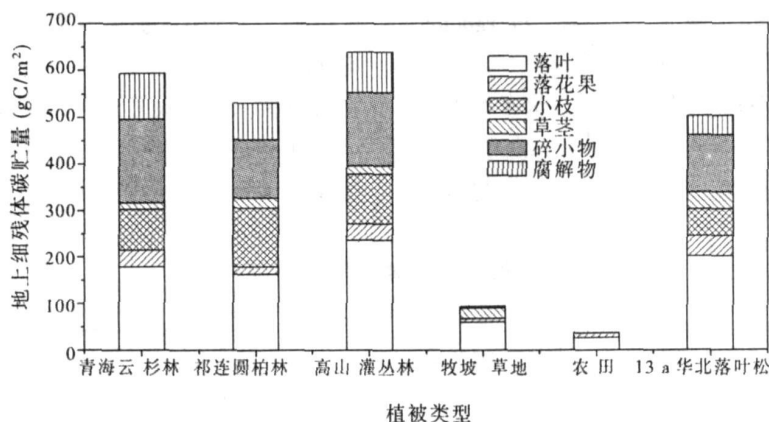


图 1 不同植被类型地上细残体碳贮量

Fig 1 Carbon storage of above-ground fine debris in different vegetation types

不同植被类型中,残体碳组成不同。图中显示,天然林中落叶碳贮量占残体碳库贮量 30% 以上、小枝占 15% 左右、碎小物占 25% 左右、腐解物占 12% 以上、其他部分在 4% 左右,人工林中落叶占 30% 以上、碎小物占 24% 以上、小枝占 10% 以上、腐解物占 10% 左右、其他在 15% 左右,农田中叶占 78.95%、花果实等占 19.12%、腐解物不足 2%,草地中茎叶占 50% 左右、茎杆部分占 32%、落花占 11%、其他部分占近 3%。表明从天然林到草地和农田,碎小残体与腐解物碳贮量逐渐减小。

与地上细残体类似,地下细残体碳库贮量和组成也在不同植被类型中差异较大。图 2 是不同植被类型在 0~50 cm 土层深度地下细残体碳贮量。土壤中对腐解和碎小部分的拣出比较困难,所以地下残体部分没有分出腐解和碎小部分。图中显示,天然林地下细残体碳库贮量在 $117.1 \sim 165.4 \text{ gC/m}^2$ 、人工林为 55.3 gC/m^2 、农田和草地分别是 9.7 和 49.4 gC/m^2 。表明从天然乔木林、灌木林、人工林到农田和草地,地下细残体碳库贮量逐渐降低。根系残体主要是不同的直径的根残体组成。

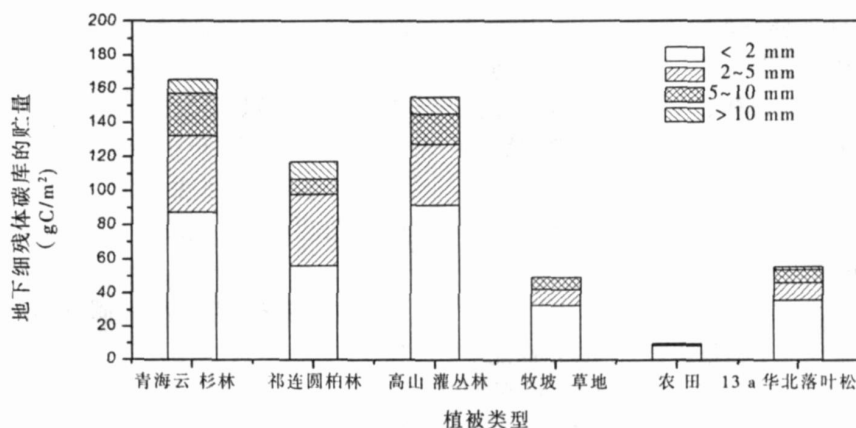


图 2 不同植被类型地下细残体碳库的贮量

Fig 2 Carbon storage of below-ground fine debris in different vegetation types

图 2显示,天然林 < 2 mm 根残体碳贮量占地下细残体碳贮量 48% 以上、2~ 5 mm 占 36% 以上、5~ 10 mm 占 10% 左右、10~ 25 mm 占 5% 以上。人工林中 < 2 mm 根残体碳贮量占 60% 以上、2~ 5 mm 占 18.8%、5~ 10 mm 占 13.74%、10~ 25 mm 占 2.7% 左右。农田和草地 2 mm 根分别占 87% 和 66% 以上, 2~ 5 mm 分别占 12% 和 19% 以上、草地中 5~ 10 mm 占 14% 左右。表明植被类型从天然林变成农田或草地之后,根系细残体碳贮量降低; 相反,如果在农田中造林,根系残体碳贮量增加,草地

中造林,根系残体碳贮量变化不大。

2.1.2 粗残体碳库

在森林中,除活立木之外,还有许多死木,它们或呈枯立或倒落,另外也存在受干扰后留下的死亡粗枝及砍伐遗留的树桩及大根,这些都为粗残体 (coarse woody debris, CWD)。本文研究的粗残体包括大枝、倒木、枯立、站杆木,大根与树桩。地上粗残体包括站杆、倒木、大枝以及立枯木。在不同的植被类型下,这些残体部分碳贮量不同。图 3 是不同植被类型地上粗残体部分碳贮量。

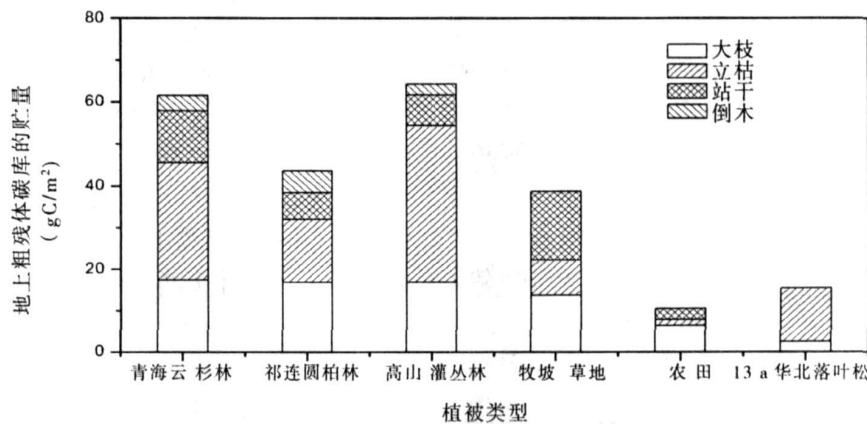


图 3 不同植被类型地上粗残体碳库的贮量

Fig 3 Carbon storage of above-ground CWD in different vegetation types

类似于地上部分的粗残体,不同植被类型中地下粗残体碳贮量也不同。图 4 是不同植被类型地下粗残体碳贮量。图中显示,青海云杉林、祁连圆柏林和高山灌丛林地下粗残体碳贮量分别是 158.9 gC/m²、94.8 gC/m² 和 74.1 gC/m²。人工林中,13 a 落叶松林中有比较少,为 72 gC/m²,这主要因为人工

林中死亡部分较少,所以残留也较少。这些地下粗残体主要是树木自然死亡或人为砍伐后形成,在天然林中主要为人为砍伐形成,在人工林主要由自然死亡形成。在我们研究样地中,人工林还处于幼林阶段,人为砍伐极少,天然林处于成熟阶段,自然死亡较多。

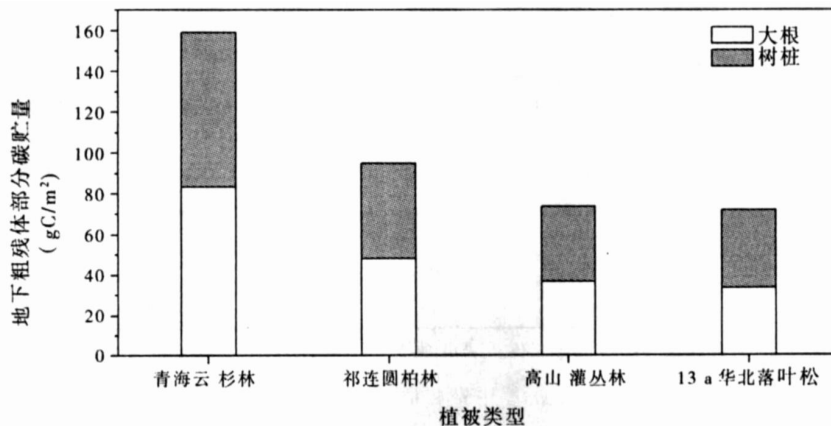


图 4 不同植被类型地下粗残体部分碳贮量

Fig 4 Carbon storage of below-ground CWD in different vegetation types

2.2 植物残体碳库形成

2.2.1 地上细残体碳库形成

表 2 不同植被类型地上细残体部分的形成
Table 2 Production of carbon in above ground fine debris
gC/(m²·a)

植被类型	落叶	落花果种子	小枝	草茎叶	合计
青海云杉林	234.1	15.2	41.3	11.5	302.1
%	77.49	5.03	13.67	3.81	100.00
祁连圆柏林	1.98	12.4	36.8	12.3	63.48
%	3.12	19.53	57.97	19.38	100.00
高山灌丛林	421.2	14.6	35.8	13.4	485
%	86.85	3.01	7.38	2.76	100.00
13a华北落叶松	152.6	14.3	23.4	13.4	203.7
%	74.91	7.02	11.49	6.58	100.00
	脱落物	旧落物	立枯物		
牧坡草地	54.6	21.3	22.4	0	98.3
%	55.54	21.67	22.79	0.00	100.00
	茎叶	残茬			
农田	21.1	26.7	0	0	47.8
%	44.14	55.86	0.00	0.00	100.00

细残体形成时间主要受植物生长节律影响,不同残体部分形成的节律不同。形成数量及组成受植被生产力及环境条件影响,不同植被类型中,植被组成、生物量及环境条件差异定会引起残体碳库的形成变化。表 2是不同植被类型在一年之中的细残体

形成的节律结果。表中显示,天然林在 63.48~485 gC/(m²·a),人工林为 203.7 gC/(m²·a),农田和草地中分别是 47.8和 98.3 gC/(m²·a)。表明植被类型从天然次生林变成农田或草地,其地上部分形成的残体碳贮量也逐渐降低,而在农田或草地中造林,则可以增加地上部分碳贮量。

植被凋落物碳库组成也不同,天然林中,落叶和小枝占 80% 以上。人工林中,落叶占 74% 以上、小枝占 11% 以上。草地中脱落物、旧落物和立枯物分别占的比例是 55.54%、21.67% 和 22.79%,农田中茎叶和残茬部分分别占 44.14% 和 55.86%,表明植被类型从天然林变成草地或农田之后,地上年凋落物残体碳贮量减少,在农田或草地中造林之后,地上凋落物残体的碳贮量增加。

2.2.2 地下细残体碳库形成

植被地下的残体部分,周转较快的是细根部分。图 5是不同植被类型中死亡细根碳库年形成数量。图中显示,天然林在 267.8~314.3 gC/(m²·a),人工林为 187.2 gC/(m²·a)。草地为 147.3 gC/(m²·a),农田为 106.4 gC/(m²·a)。天然林变成农田或草地之后,细根残体碳库的贮量降低。在农田中造林,细根残体增加,而草地中造林,细根增加幅度不大。

3 讨论

Kolchugina等^[12]对前苏联森林植被碳素总结发

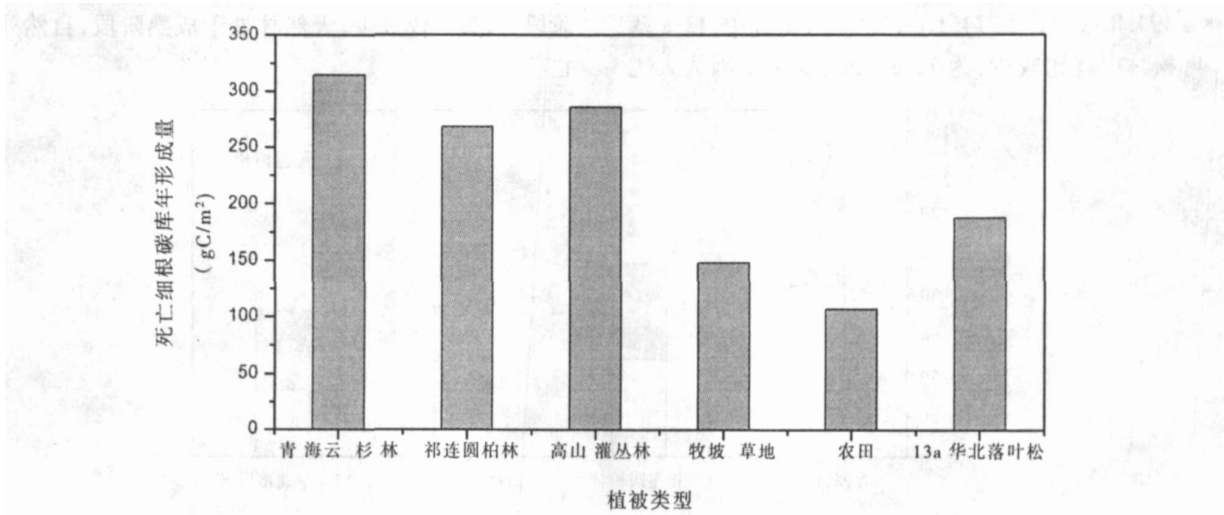


图 5 不同植被类型死亡细根碳库年形成量

Fig 5 Annual production of carbon in fine root debris in different vegetation types

现了森林冻原地上部分、凋落物、地下部分、总计分别为 180 ± 10 1760 ± 38 1510 ± 34 3450 ± 67 gC/m^2 。泰加林地上部分、凋落物、地下部分、总计分别为 730 ± 34 1310 ± 33 1120 ± 31 3170 ± 98 gC/m^2 。落叶混交林地上部分、凋落物、地下部分、总计分别为 1021 ± 12 1003 ± 14 732 ± 9 2754 ± 35 gC/m^2 。森林草地地上部分、凋落物、地下部分、总计分别为 452 ± 18 732 ± 48 665 ± 33 1847 ± 32 gC/m^2 。本文结果显示天然林地上细残体碳在 $510.09 \sim 639.7$ gC/m^2 , 人工林为 503.75 gC/m^2 , 农田和草地中分别为 71.4 gC/m^2 和 169.65 gC/m^2 。天然林地下细残体碳库贮量在 $117.1 \sim 165.4$ gC/m^2 、人工林为 55.3 gC/m^2 、农田和草地分别是 9.7 gC/m^2 和 49.4 gC/m^2 。青海云杉林、祁连圆柏林和高山灌丛林中地上粗残体碳库贮量分别为 61.5 gC/m^2 、 43.6 gC/m^2 和 64.2 gC/m^2 , 草地和农田中分别为 38.6 gC/m^2 和 10.3 gC/m^2 , 13 a 华北落叶松人工林中为 15.2 gC/m^2 。青海云杉林、祁连圆柏林和高山灌丛林地下粗残体碳贮量分别是 158.9 gC/m^2 、 94.8 gC/m^2 和 74.1 gC/m^2 。人工林中, 13 a 落叶松林中有比较少, 为 72 gC/m^2 。

Malhi 等^[13]总结热带森林中叶子和木质残体碳是 4143 gC/m^2 , 温带森林叶子和木质残体碳及根系残体分别是 1172 gC/m^2 和 873 gC/m^2 , 北方森林叶子和木质残体碳及根系残体 621 gC/m^2 和 127 gC/m^2 。本文研究显示天然林中落叶 $1.98 \sim 421.2$ gC/m^2 、小枝在 $35.8 \sim 41.3$ gC/m^2 以上。人工林中落叶在 152.6 gC/m^2 以上、小枝在 23.4 gC/m^2 。在天然林中, 粗根为 $60.8 \sim 78.2$ gC/m^2 , 人工林中, 粗根为 19.5 gC/m^2 。在不同植被类型中, $> 10\text{mm}$ 根系占比例都较小。青海云杉林大枝中碳贮量占地上粗残体碳贮量 28.13% 、立枯占 45.85% , 祁连圆柏林大枝占 38.3% 、立枯占 35.09% , 高山灌丛林大枝占 26.17% 、立枯占 37.6% , 人工林中, 立枯占 84.21% 、大枝占 15.79% 。

研究结果显示天然林地上凋落物碳在 $531.09 \sim 639.7$ gC/m^2 , 人工林为 503.75 gC/m^2 , 农田和草地中分别是 36.87 gC/m^2 和 93.65 gC/m^2 。表明天然林变成农田或草地后, 其地上部分形成的残体碳贮量降低, 而农田或草地中造林则使地上部分碳贮量增加。植被凋落物碳库组成也不同, 天然林中, 落叶和小枝占 80% 以上。人工林中, 落叶占 74% 以上、小枝占 11% 以上。农田中茎叶和残茬部分分别

占 44.14% 和 55.86% 。天然林地上年形成残体在 $63.48 \sim 485$ $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 农田为 47.8 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 草地为 98.3 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 人工林为 203.7 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。地下细残体年形成量, 天然林在 $267.8 \sim 314.3$ $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 农田为 106.4 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 草地为 147.3 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 人工林为 187.2 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

4 结论

植物残体碳库是陆地生态系统碳库重要组成部分, 不同植被类型中地上细残体碳库组成和贮量不同。

天然林地上细残体碳在 $510.09 \sim 639.7$ gC/m^2 , 人工林为 503.75 gC/m^2 , 农田和草地中分别为 71.4 gC/m^2 和 169.65 gC/m^2 。天然林地下细残体碳库贮量在 $117.1 \sim 165.4$ gC/m^2 、人工林为 55.3 gC/m^2 、农田和草地分别是 9.7 gC/m^2 和 49.4 gC/m^2 。

不同植被类型地上粗残体碳贮量不同, 青海云杉林、祁连圆柏林和高山灌丛林中地上粗残体碳库贮量分别为 61.5 gC/m^2 、 43.6 gC/m^2 和 64.2 gC/m^2 , 草地和农田中分别为 38.6 gC/m^2 和 10.3 gC/m^2 , 13 a 华北落叶松人工林中为 15.2 gC/m^2 。

不同植被类型中残体碳库形成量不同。天然林地上细残体碳贮量在 $63.48 \sim 485$ $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 人工林为 203.7 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 农田和草地中分别是 47.8 和 98.3 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

参考文献 (References)

- [1] Bond-Lamberty B, Wang C., Gower S. T. Annual carbon flux from woody debris for a boreal black spruce fire chronosequence[J]. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 2002, 108(D3).
- [2] Wang C. K., Bond-Lamberty B, Gower S. T. Environmental controls on carbon dioxide flux from black spruce coarse woody debris[J]. *Oecologia*, 2002, 132(3): 374~381
- [3] Wang duagkuan, Yang jinyan. Carbon dioxide fluxes from soil respiration and woody debris decomposition in boreal forests[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, (3): 633~638 [王传宽, 杨金艳. 北方森林土壤呼吸和木质残体分解释放出的 CO_2 通量[J]. 生态学报, 2005, (3): 633~638]
- [4] Chen X., Wei X., Scherer R. Influence of wildfire and harvest on biomass carbon pool and decomposition of large woody debris in forested streams of southern interior British Columbia[J]. *Forest Ecology and Management*, 2005, 208(1-3): 101~114
- [5] Zhao Yutao, Yu Xinxiao, Cheng Genwei, et al. A slighting tache in

- field of forest hydrology research Hydrological effects of Coarse Woody Debris (CWD) [J]. *Journal of Mountain Science*, 2002, (1): 12~18[赵玉涛, 余新晓, 程根伟, 等. 粗木质残体(CWD)的水文生态功能——当前森林水文研究中被忽视的重要环节[J]. 山地学报, 2002, (1): 12~18]
- [6] Tang Xuli, Zhou Guoyi. Coarse wood debris biomass and its potential contribution to the carbon cycle in successional subtropical forests of southern China[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, (4): 559~568[唐旭利, 周国逸. 南亚热带典型森林演替类型粗死木质残体贮量及其对碳循环的潜在影响[J]. 植物生态学报, 2005, (4): 559~568]
- [7] Motavalli P. P., Discekici H., Kuhn, J. The impact of land clearing and agricultural practices on soil organic C fractions and CO₂ efflux in the Northern Guan aquifer[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2000, 79(1): 17~27
- [8] Chang Zongqiang, Shi Zuomin, Feng Qi. Effect of temperature in different communities on soil respiration in Qilian Mountains [J]. *Chinese Journal of Agronomy*, 2005, (2): 85~89[常宗强, 史作民, 冯起. 气温对祁连山不同植被状况土壤呼吸的影响[J]. 中国农业气象, 2005, (2): 85~89]
- [9] Hu Qiwu, Ouyang Hua, Liu Xiande. Distribution Characteristics of Soil Organic Carbon and Total Nitrogen along the Altitudinal Belt in the Northern Slope of Qilian Mountains [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, (6): 654~661[胡启武, 欧阳华, 刘贤德. 祁连山北坡垂直带土壤碳氮分布特征[J]. 山地学报, 2006, (6): 654~661]
- [10] Zhang hu, Wen Yali, Ma Li, et al. The climate features and regionalization of vertical climatic zones in the northern slope of Qilian Mountains [J]. *Journal of Mountain Science*, 2001, (6): 497~502 [张虎, 温娅丽, 马力, 等. 祁连山北坡中部气候特征及垂直气候带的划分[J]. 山地学报, 2001, (6): 497~502]
- [11] Buchmann, N., Oren, R., Zimmermann, R. Response of magnesium-deficient saplings in a young open stand of *Picea abies* (L.) Karst. to elevated soil magnesium, nitrogen and carbon [J]. *Environmental Pollution*, 1995, 87(1): 31~43
- [12] Kolchugina T. P., Vinson, T. S. Carbon cycle of terrestrial ecosystems of the former Soviet Union [J]. *Environmental Science & Policy*, 1998, 1(2): 115~128
- [13] Mahji Y., Grace J. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2000, 15(8): 332~337

Carbon Storage of Plant Debris under Different Types of Vegetation in Qilian Mountains

CHANG Zongqiang FENG Qi SI Jianhua SU Yonghong XI Haiyang

(Cold and Arid Region Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences,

Ala Shan Desert Eco-hydrology Experimental Research Station, Lanzhou 730000, China)

Abstract Understanding the Carbon storage of plant debris under different types of vegetation in Qilian Mountains is essential in assessing the carbon budget of the ecosystem in the biological processes but also have a very important significance to evaluate the function and position of the terrestrial ecosystem in the global carbon cycle. The paired plots with the same elevation, the slope degree and the soil type of the natural stands (*Picea Crassifolia*, *Sarbinia przewalskii* and alpine scrub forest), artificial stands, rangeland and cropland were selected as study objects in National Nature Reserves of Qilian Mountains. Based on the field survey, field orientation study and laboratory analyze and by means of comparison of difference of plant debris carbon storage among different vegetation types. The result indicate that the total debris carbon storage for natural forest, plantation of larch, cropland and rangeland is 510.09~639.7 gC/m², 503.75 gC/m², 71.4 gC/m², 169.65 gC/m² respectively. The annual production of above-ground debris carbon for natural forest, plantation of larch, cropland and rangeland is 63.48~485 gC/(m²·a), 203.7 gC/(m²·a), 47.8 gC/(m²·a), 98.3 gC/(m²·a) respectively. The annual production of underground debris carbon for natural forest, plantation of larch, cropland and rangeland is 267.8~314.3 gC/(m²·a), 187.2 gC/(m²·a), 106.4 gC/(m²·a), 147.3 gC/(m²·a) respectively. The conversion of natural forests into cropland or rangeland will result in reduction of the debris carbon storage and the rate of its production.

Key words Debris carbon storage, coarse woody debris (CWD), fine debris, vegetation types