

山西太岳山不同林分土壤有机碳储量研究^{*}

王文静¹, 王百田^{1,2}, 吕钊¹, 仁本超³, 王宁¹, 聂森¹, 曹远博¹

(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 2. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083;

3. 河北省水利水电工程监理咨询中心, 石家庄 050011)

提 要: 基于山西太岳山系灵空山景区侧柏林、油松林、辽东栎林、辽东栎和油松混交林4种林分调查, 通过密集采样和样品分析研究不同林分土壤不同层次(0-10cm、10-20cm、20-30cm、30-50cm、50-100cm)有机碳含量、有机碳密度和有机碳储量及分布特征。结果如下: 山西太岳山森林平均1m土层土壤的有机碳储量一般不超过 $30\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 调查的四种林分在 $16.2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 到 $29.6\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 所调查的四种林分的土壤有机碳储量、碳密度随着土层深度递减, 其中油松林、侧柏林、辽东栎林30cm以上土壤中有机碳储量占到100cm土层中有机碳储量的85%以上, 表层土壤碳储量贡献大; 阔叶林碳储量高于针叶林, 混交林碳储量高于纯林, 辽东栎油松针阔混交林土壤有机碳含量是油松林土壤碳含量的2.4倍, 辽东栎林土壤碳储量大约分别是侧柏林、油松林的1.4和1.9倍。因此为增加森林土壤固碳, 建议使用混交林并减少人类活动对森林表土层的干扰和破坏。

关键词: 土壤有机碳; 林分类型; 垂直分布

中图分类号: S718.43

文献标识码: A

森林土壤作为陆地生态系统最大的碳库, 在全球碳循环与收支中占主导地位。森林土壤碳约占全球土壤有机碳库的73%^[1-2], 其碳汇功能在调节碳平衡、减缓大气中 CO_2 等温室气体浓度上升方面具有不可替代的作用^[3]。然而, 随着工业化与城市化的快速发展, 随着 CO_2 浓度的增加, 20世纪全球温度已经上升约 0.6°C , 全球平均温度从1990-2100年将上升 $1.4 \sim 5.8^\circ\text{C}$ ^[4]。森林生态系统作为控制大气 CO_2 浓度的重要部分, 因此, 对森林土壤碳的研究既迫切又重要。大多数研究是利用土壤普查数据进行的土壤碳估算, 基于森林生态系统功能过程的土壤碳储量的研究很少^[5-6]。土壤有机碳不仅为植物生长提供碳源, 维持良好的土壤结构, 而且以 CO_2 温室气体形式向大气释放碳^[7-9], 是全球碳循环的重要部分, 其积累和分解直接影响着全球碳平衡。研究不同植被条件下森林土壤有机碳质量分数和密度的分布特征, 为我国制定森林生态系统对其碳储量、固碳速率及潜力进行测定的规范化方案和方法提供科学依据, 为指导各区域进行面向碳汇功能的森林经营管理提供理论依据。文中以山西省长治市太岳山系灵空山景区的四种典型林分为研究对象, 通过密集采样和样品分析, 研究不同林分土壤有机碳含量和有机碳储量及分布特征, 为估算区域森林土壤碳库提供基础数据, 也有助于制定增加土壤碳储量的可持续的森林经营管理措施。

1 研究区概况

研究地位于山西省长治市沁源县灵空山景区属太岳山系, 2011年7月在此调查, 地理坐标在东经 $111^\circ58'30'' \sim 112^\circ32'30''$, 北纬 $36^\circ20'20'' \sim 37^\circ0'42''$ 。地势西北高而东南低, 西北紧依太岳山主峰, 最高峰海拔2523m, 最低939m。属于暖温带半湿润大陆性季风气候, 年均气温 8.7°C , 一月零下 6.5°C , 七月 22.4°C , 年降雨量600mm, 霜冻期为十月上旬至次年四月下旬, 无霜期50-180天。通过对密集采样和试验样品分析, 研究不同林分土壤有机碳含量及分布特征, 以期掌握该区域森林土壤有机碳存储情况, 为森林碳汇的功能管理提供科学依据。样地设置时林分状况(表1)。

* 收稿日期: 2012-1-17; 修回日期: 2012-2-9。

基金项目: 暖温带落叶阔叶混交林区域山西中部森林固碳现状、速率和潜力研究(XDA05050203-04-01)资助。

作者简介: 王文静, 硕士研究生。主要研究方向: 生态环境工程。Email: wangwenjing668899@163.com

通讯作者: 王百田, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事生态环境工程、林业生态工程、水土保持方面研究。Email: wbaitian@bjfu.edu.cn

表 1 样地设置基本情况

Tab. 1 Basic characteristics of different forest types

林分类型	样地编号	海拔(m)	地貌	坡向	坡位	坡度	郁闭度	演替阶段
侧柏林	SX - CZ - DC - P18	1619	山地	东	中坡	23	0.5	自然林晚期
油松林	SX - CZ - DC - P19	1648	山地	东	中坡	23	0.6	自然林晚期
辽东栎林	SX - CZ - DC - P21	1861	山地	东	中坡	29	0.5	自然林中期
辽东栎、油松林	SX - CZ - DC - P22	1923	山地	东	上坡	24	0.6	自然林中期

2 研究方法

2.1 试验设计与样品采集

为了保证调查数据资料的规范性与可比性,样地性状统一采用长方形,面积统一为 1000m^2 ($50\text{m} \times 20\text{m}$)。土壤剖面主要用于测量土壤容重和土壤含水量,土钻法主要用于测定土壤有机碳。土钻采样在灌木样方内使用内径为 10cm 的土钻,按 $0-10\text{cm}$ 、 $10-20\text{cm}$ 、 $20-30\text{cm}$ 、 $30-50\text{cm}$ 、 $50-100\text{cm}$ 分层,每个样地在三个灌木小样方中打钻,分层取样。取样时尽量保持每个小土体的完整性,及早风干处理送回实验室进行有机碳分析。土壤剖面采样在灌木样方内,挖掘一个土壤剖面,用环刀采集各层土壤测定土壤容重。对野外采集回来的土壤样品,首先剔除土壤意外的侵入物和新生体,尽快风干。土壤有机碳质量分数采用重铬酸钾氧化-外加热法测定^[10],土壤容重采用环刀法测定。

2.2 数据计算与分析

土壤有机碳储量是在一个特定有机碳库中的有机碳量或者单位面积的有机碳库,第 i 层单位面积土壤有机碳储量占剖面总有机碳储量的百分比 R_i 按照下面方法计算。如果某一土体的剖面由 k 层组成,则该剖面的土有机碳密度计算公式为:

$$\text{SOCd} = \sum_{i=1}^k \text{SOCd}_i \sum_{i=1}^k C_i B_i D_i (1 - \delta) / 100 \quad (1)$$

式中: C_i 为第 i 层土壤有机碳质量分数 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-3}$), B_i 为第 i 层土壤容重 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$), D_i 为第 i 层土壤厚度 (cm), δ 为第 i 层土壤中 $>2\text{mm}$ 的砾石体积百分比。第 i 层单位面积土壤有机碳储量占剖面总有机碳储量的百分比按照下面公式计算:

$$R_i = \frac{\text{SOCd}_i}{\text{SOCd}} \times 100\% \quad (2)$$

3 结果与分析

3.1 不同林分土壤有机碳含量及其分布特征

土壤有机碳含量由地表植被状况、进入土壤的生物残体、组成植物根系等有机物质的输入与以土壤微生物分解作用为主的有机物质的输出决定^[11],其大小决定于土壤有机碳输入、输出及相关土壤性质。不同的林分类型、郁闭度、地表植被覆盖、土地经营活动以及人为干扰程度影响土壤有机碳含量。

由表 2 见不同林分随着土壤深度增加,土壤有机碳含量显著减少。在 $0-100\text{cm}$ 土体中,辽东栎林的土壤有机碳含量最高达 $22.535\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,其次是侧柏林 $16.203\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,然后是油松林 $12.129\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。由于土壤条件的限制,辽东栎和油松混交林土层深度只能达到 30cm ,其土壤有机碳含量平均值是 29.89% 。除去因土壤条件限制未能测定 $30-50\text{cm}$ 及 $50-100\text{cm}$ 辽东林与油松混交林中土壤有机碳含量外,辽东栎和油松混交林中土壤有机碳含量最高。

表 2 不同林分各层土壤有机碳含量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Tab. 2 Soil organic carbon contents of different forest types

土壤深度 (cm)	侧柏林	油松林	辽东栎林	辽东栎、 油松林
0 - 10	42.172	34.30	58.006	35.019
10 - 20	16.534	9.954	23.718	31.024
20 - 30	5.98	8.29	16.769	23.629
30 - 50	5.313	5	8.97	-
50 - 100	5.970	3.097	5.213	-
平均值	16.203	12.129	22.535	-

由图 1 知各林分土壤层中均为 $0-10\text{cm}$ 层中有机碳含量最高。侧柏林、油松林和辽东栎林土壤有机碳含量随土壤深度加深显著减少,侧柏林中表层土壤 $0-10\text{cm}$ 中有机碳含量是 $10-20\text{cm}$ 中含量的 2.6 倍,油松林表层土壤 $0-10\text{cm}$ 有机碳含量是 $10-20\text{cm}$ 中的 3.5 倍,辽东栎林表层土壤 $0-10\text{cm}$ 中有机碳含量是 $10-20\text{cm}$ 中的 2.4 倍。与其他三种纯林相比辽东栎和油松混交林中土壤有机碳含量随土壤深度

加深变化极缓慢,土壤有机碳含量差异不大。分析可能是混交林改变了林分中土壤微生物的种类和数量以及土壤的结构,由表 3 知辽东栎和油松混交林土壤容重最大,增加了土壤的通透性,减缓了土壤有机碳的阶梯形显著性变化。在相同土层深度,受植被类型、土壤质地等条件的影响,不同林分土壤有机碳含量差异显著。

3.2 不同林分土壤有机碳密度及其分布特征

土壤有机碳密度计算通常以 1m 深土层为标准,

不同林分土壤各层及剖面总的土壤有机碳密度估算(表 3)。4 种林分土壤有机碳密度垂直分布上和土壤有机碳含量垂直分布特征一致,随土层增加土壤有机碳密度显著减少。整个土壤层面上土壤有机碳密度大小顺序为辽东栎油松混交林 > 辽东栎林 > 侧柏林 > 油松林,辽东栎油松混交林土壤有机碳密度 $2.919 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 远大于油松林土壤有机碳密度 $1.715 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

3.3 不同林分土壤有机碳储量的剖面分布

根据公式(2)计算 4 种林分不同土壤层次单位面积有机碳储量占剖面土壤有机碳总储量的百分比。由图 2 可知 0-10cm 土壤层中单位面积土壤有机碳储量百分比排序为辽东栎、油松混交林(42.77%) > 油松林(41.72%) > 侧柏林(39.54%) > 辽东栎林(35.05%),平均含量为 39.77%; 10-20cm 土壤层中有机碳储量排序为辽东栎、油松混交林(31.09%) > 辽东栎林(16.00%) > 侧柏林(12.70%) > 油松林(35.05%),10-20cm 土壤层中有机碳储量平均含量为 18.92%; 20-30cm 土壤层中有机碳储量排序为辽东栎、油松混交林(26.14%) > 辽东栎林(11.81%) > 油松林(10.98%) > 侧柏林(5.23%)。20-30cm 土壤层中有机碳储量平均含量除了辽东栎、油松混交林含量较高外,其他三种林分含量差别不明显。

由此可见,各林分土壤有机碳主要存储于 0~20 cm 土层中,其在整个剖面土壤有机碳储量中所占的比重均大于 50%,随着土层的加深,各林分土壤有机碳所占比重均呈下降趋势。这主要是由于随着土层深度的增加,植被凋落物和根系数量减少,土壤容重增加、水分减少、透气性变差,微生物分解的活性减弱,从而导致土壤有机碳储量下降^[17],同时,根系的垂直分布直接影响输入到土壤剖面各个层次的有机碳数量。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 山西太岳山森林平均 1m 土层土壤的有机碳储量一般不超过 $30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,调查的四种林分在 $16.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ - $29.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

表 3 不同林分的土壤有机碳密度

Tab. 3 Soil organic carbon densities of different forest types ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

土壤深度 (cm)	侧柏林	油松林	辽东栎林	辽东栎、油松林
0-10	4.183	3.578	4.698	3.746
10-20	1.679	1.089	2.145	2.723
20-30	0.554	0.942	1.583	2.289
30-50	1.061	1.112	2.073	-
50-100	3.103	1.855	2.902	-
平均值	2.116	1.715	2.680	2.919

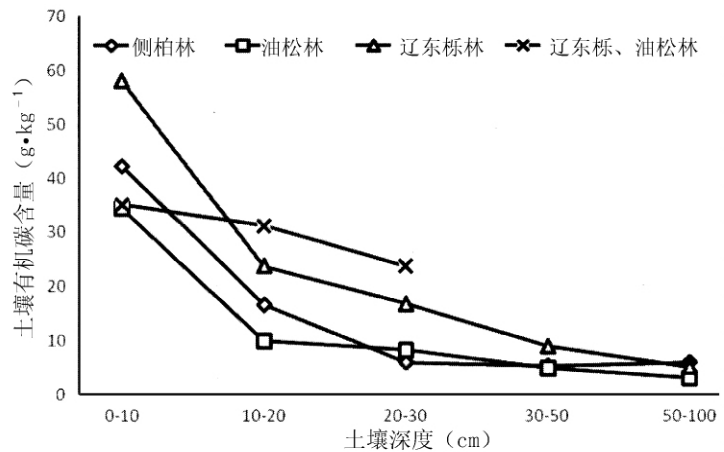


图 1 不同林分土壤各层次有机碳质量分数

Fig. 1 Soil organic carbon contents of different forest types

由图 2 可知 0-10cm 土壤层中单位面积土壤有机碳储量百分比排序为辽东栎、油松混交林(42.77%) > 油松林(41.72%) > 侧柏林(39.54%) > 辽东栎林(35.05%),平均含量为 39.77%; 10-20cm 土壤层中有机碳储量排序为辽东栎、油松混交林(31.09%) > 辽东栎林(16.00%) > 侧柏林(12.70%) > 油松林(35.05%),10-20cm 土壤层中有机碳储量平均含量为 18.92%; 20-30cm 土壤层中有机碳储量排序为辽东栎、油松混交林(26.14%) > 辽东栎林(11.81%) > 油松林(10.98%) > 侧柏林(5.23%)。20-30cm 土壤层中有机碳储量平均含量除了辽东栎、油松混交林含量较高外,其他三种林分含量差别不明显。

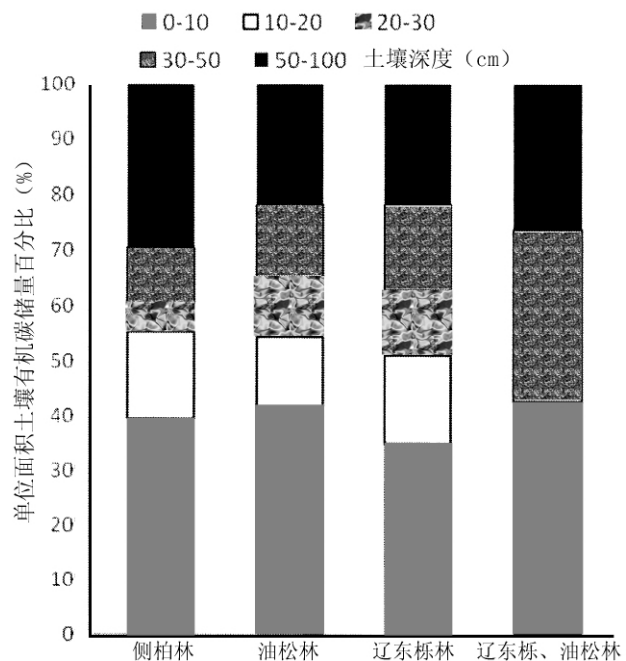


图 2 不同林分类型土壤有机碳储量剖面分布图

Fig. 2 Distribution of soil organic carbon storage in soil profiles of different forest types

(2) 所调查的四种林分的土壤有机碳储量、碳密度随着土层深度递减,其中油松林、侧柏林、辽东栎林 30cm 以上土壤中有有机碳储量占到 100cm 土层中有有机碳储量的 85% 以上。

(3) 阔叶林碳储量高于针叶林,混交林碳储量高于纯林。辽东栎油松针阔混交林土壤有机碳含量是油松林土壤碳含量的 2.4 倍,辽东栎林土壤碳储量大约分别是侧柏林、油松林的 1.4 和 1.9 倍。

4.2 讨论

(1) 不同林分土壤有机碳含量和土壤有机碳密度均随土壤深度增加显著减少,具有明显的垂直分布特征。这与杨金艳、王传宽在东北东部森林生态系统土壤碳贮量和碳通量中研究的结果一致^[18],另外任丽娜^[19]等人在密度调控对华北落叶松人工林土壤有机碳及养分特征的影响研究中也得到了相似结果,这表明土壤有机碳含量和有机碳密度具有明显的垂直递减特征。森林土壤有机碳的来源主要是树木、地表植被的根系和凋落物,根系、凋落物深入土壤一定深度,另外降雨淋溶中的碳随雨水渗透到土壤一定深处,以及土壤中某些生物对碳的搬运等因素使土壤有机碳具有明显的垂直分布特征。

(2) 混交林在土壤有机碳储量方面具有显著优势。四种林分侧柏林、油松林、辽东栎林及辽东栎、油松混交林的土壤有机碳含量分别为 $16.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $12.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $22.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $29.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,辽东栎油松针阔混交林土壤有机碳含量远高于其它三种纯林的含量,其中是油松林土壤碳含量的 2.4 倍,混交林显著提高了森林固碳能力。在中国土壤固碳的研究奇缺,目前仅限于农业土壤的报道,方精云等在中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献^[22]的研究中得出栎类林和阔叶混交林属于高碳储量森林,针阔混交林属于中碳储量森林,针叶林属于低碳储量森林,从侧面说明了混交林固碳能力高,但是针阔混交林固碳能力低于栎类。产生这种差别的原因是方精云等是对森林整体的固碳能力的估算包括地上和地下两部分,而文中进行的是纯土壤有机碳的研究,故得出不同的结果,另外由于各林分年龄结构以及环境因子等不同,也会影响其土壤有机碳含量。森林土壤有机碳的来源主要是树木、地表植被的根系和凋落物,辽东栎和油松混交林提高了林分的抵御灾害能力,增加了林分内的物种多样性和数量,其凋落物和根系的数量也增多,因而其有机碳质量含量也增加。因此在对人工林的研究与经营管理中,应加强深入详细的研究混交林在调节全球碳循环及碳平衡过程中如何发挥最大效应,从而使森林生态系统在碳储量方面的能力充分发挥为全球气候变化做贡献。

(3) 森林土壤表层碳储量贡献的土壤有机碳富集在土壤表层具有"表聚作用"。根据 Baties^[19]对全球各类型土壤碳贮量的研究,0~100cm 的土壤碳贮量中,0~30cm 和 0~50cm 所占的比例在 37%~59% 和 62%~81% 间,平均为 49% 和 67%。另根据 Detwiler^[20]的热带和亚热带地区土地利用变化对土壤碳库影响的研究,0~40cm 所贮存的碳占 0~100cm 的比例为 35%~80%,平均为 57%。对于太岳山保护区土壤碳贮量的分配,0~30 和 0~50cm 的土壤碳贡献率为 46.24%~62.7% 和 66.4%~78.34%,平均 56.59% 和 71.80%。可见太岳山地区森林土壤在 0~30cm 所贮存的碳量的比重相对于其它地区要大,差异存在的原因主要是研究地区所处的地带不同,文中研究处地为温带地区,不同的地带气候、环境等因素对土壤有机碳含量的影响不同,另外研究中也存在一定的误差。太岳山地区森林土壤在 0~30cm 所贮存的碳量的比重占 0~100cm 土层的 56.59%,土壤有机碳主要集中在表层 30cm,土壤有机碳集中在土壤表层是因为影响土壤有机碳含量的主要因素树木、地表植被的根系、凋落物等主要集中在土壤表层,这一结果也从侧面反映出土壤更加脆弱,人为干扰活动更容易造成土壤碳损失,意味着不合理的人为活动会造成土壤有机碳的减少,应避免因不合理的人为活动破坏地表、引发水土流失而导致的土壤有机碳量减少。

参考文献

- [1] Post W M, Emanuel W R, Zinke P J, et al. Soil carbon pools and world life zones[J]. Nature, 1982, 298: 156-159.
- [2] Manabe S, Wetherald R T. On the distribution of climate change resulting from an increase in CO₂ content of the atmosphere[J]. Science, 1980, 37: 99-118.
- [3] Lal R. Forest soils and carbon sequestration[J]. Forest Ecology and Management, 2005, 220: 242-258.
- [4] IPCC. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment[R] // Houghton JT, Meira Filho L J, Callader B A, et al. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 1-365.
- [5] 王绍强, 周成虎. 中国陆地土壤有机碳库的估算[J]. 地理研究, 1999, 18(4): 349-355.
- [6] 甘海华, 吴顺辉, 范秀丹. 广东土壤有机碳储量及空间分布特征[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1499-1502.
- [7] Lal R, Logan T J, Fausey N R. Long-term tillage effects on Mollic Ochraqualf in northwestern Ohio soil nutrient profile[J]. Soil Tillage Research, 1990, 15: 371-382.
- [8] Mohan K W, Fatih E, Tristram O, et al. Assessing terrestrial ecosystem sustainability: Usefulness of regional carbon and nitrogen models [J]. Na-

- ture and resources ,1999 ,35(4) : 21 – 23.
- [9]邵月红 ,潘剑君 ,许兴旺 ,等. 浅谈土壤有机碳密度及储量的估算方法[J]. 土壤通报 2006 ,37(5) : 1007 – 1011.
- [10]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版 ,北京: 中国农业出版社 2000: 30 – 34.
- [11]Post W M ,Jzaurralde R C ,Mann L K ,et al. Monitoring and verifying changes of organic carbon in soil[J]. Climatic Change 2001 ,51(1) : 73 – 99.
- [12]Anderson J M. Succession , diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter[J]. Journal of Animal Ecology , 1975 ,44: 475 495.
- [13]Verhoef H A , Brussaard L. Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agroecosystem: the contribution of soil animals[J]. Biogeochemistry , 1990 ,11: 175 211.
- [14]Teuben A. Nutrient availability and interactions between soil arthropods during decomposition of coniferous litter: a meso – cosm study[J]. Biology and Fertility of Soils , 1991 ,10: 256266.
- [15]Scholle G , Wolters V , Joergensen R G. Effects of mesofauna exclusion on the microbial biomass in two modern profiles[J]. Biology and Fertility of Soils , 1992 ,12: 253 260.
- [16]Cortez J , Bouché M. Decomposition of Mediterranean leaf litter by *Nicodrilus meridionalis*(Lumbricidae) in laboratory and field experiments [J]. Soil Biology and Biochemistry 2001 ,33: 2023 – 2035.
- [17]周莉 ,李保国 ,周广胜. 土壤有机碳的主导影响因子及其研究进展[J]. 地球科学进展 2005 ,20(1) : 99 – 105.
- [18]杨金艳 ,王传宽. 东北东部森林生态系统土壤碳贮量和碳通量[J]. 生态学报 2005 ,25(11) : 2875 – 2882.
- [19]任丽娜 ,王海燕 ,丁国栋 ,等. 密度调控对华北落叶松人工林土壤有机碳及养分特征的影响[J]. 干旱区资源与环境 2012 ,26(4) : 138 – 143.
- [20]Batjes N H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world[J]. European Journal of Soil Science , 1996 ,47: 151 ~ 163.
- [21]Detwiler R P. Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soil[J]. Biogeochemistry , 1986 ,2: 67 ~ 93.
- [22]方精云 ,傅伯杰 ,刘国华. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J]. 生态学报 2000 ,20(5) : 733 – 740.

Soil organic carbon reserve of different forests in Taiyue mountain

WANG Wenjing¹ , WANG Baitian^{1 2} , LV Zhao¹ , REN Benchao³ , WANG Ning¹ , NIE Sen¹ , CAO Yuanbo¹

(1. College of Soil and Water Conservation , Beijing Forestry University , Beijing 100083 , P. R. China;

2. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education , Beijing 100083 , P. R. China;

3. Hebei Provincial Water Resources and Hydropower Engineering , Project Management and Consulting Center , Shijiazhuang 050011)

Abstract: Four different forest types were selected to make soil research. They are *Pinus tabulaeformis* forest , *Platycladus orientalis* forest , *Quercus liaotungensis* forest and the mingled forest and *Quercus liaotungensis*. Soil organic carbon content and distribution were researched on different soil levels(0 – 10cm , 10 – 20cm , 20 – 30cm , 30 – 50cm , 50 – 100cm) . Three points were concluded. Firstly , the soil organic carbon concentration in Taiyue Mountains forest is not beyond $30\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, mostly is among $16.2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $29.6\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Secondly , soil organic carbon concentration generally decreases with the soil depth in all forest type. In *Pinus tabulaeformis* forest , *Platycladus orientalis* forest and *Quercus liaotungensis* forest the soil organic carbon concentrations exceed 85% in 30cm depth. Thirdly , soil organic carbon concentrations of broad – leaved forest is more than that of coniferous forest , mingled forest is more than that of pure forest.

Key words: soil organic carbon ; forest types; vertical distribution