

鹤山几种不同土地利用方式的土壤碳储量研究

李跃林, 彭少麟, 赵平, 任海, 李志安

(中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650)

摘 要: 对鹤山几种不同土地利用方式下的土壤碳的研究, 结果表明不同土地利用方式土壤碳储量存在差异。各种土地利用方式下, 无论林地果园还是草地土壤有机碳含量均随土壤深度增加而减少。在同一深度不同土地利用下有机碳含量比较一般为: 林地> 果园> 草地。全氮的变化趋势也与有机碳一样, 随土壤深度增加而递减, C/N 比为 10 左右, 其变化的幅度不明显。土壤有机碳储量的计算有如下结果: 林地 $125.82\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$; 果园 $74.66\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$; 草地 $88.53\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。据此认为, 植树造林及森林保护是缓解大气 CO_2 浓度上升的有效措施。

关键词: 土壤有机碳; 土地利用方式; 碳储量; 鹤山

中图分类号: S714

文献标识码: A

1 引言

土壤, 在农林复合生态系统中, 作为一个重要的亚系统, 在生物循环中具有特殊的生态学意义, 土壤不仅从岩石分化过程中富集了生物所需的养分, 而且富集了凋落物分解后的养分, 再将这些养分提供给植物吸收, 同时土壤还给微生物和土壤动物提供了生活的场所^[1]。因此土壤碳素库是农林复合生态系统中一个极为重要的部分, 在碳平衡的研究过程中, 土壤碳素库的研究是必不可少的。土地利用变化影响下相应 CO_2 的释放已不容忽视, 80 年代全球人为平均释放到大气中的碳是 $7.1\pm 1.1\text{ PgC}\cdot\text{a}^{-1}$ ($1\text{ Pg}=1\ 015\text{ g}$), 其中 $1.6\pm 1.1\text{ PgC}\cdot\text{a}^{-1}$ 来自热带土地利用变化^[2]。本文以中国科学院鹤山丘陵综合试验站的农林复合生态系统的土壤为研究对象, 对其不同土地利用方式下的土壤碳储量进行了研究, 以期探索土地经营中土壤碳吸存的响应, 为缓解土地利用对大气 CO_2 的浓度的影响提供基础数据。

2 试验地概况

试验地位于广东省南亚热带粤中丘陵地区, $112^\circ 54'\text{E}$, $22^\circ 41'\text{N}$ 。试验区为低丘地势, 山脊平圆, 坡面平缓, 最高峰 98m。气候温暖、多雨, 年平均气温 21.7°C , 最热月均温 29.2°C , 最冷月均 12.6°C , 年平均日照时数

$1\ 797.8\text{ h}$, 年均太阳辐量为 $4\ 354.7\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。年平均降雨量为 $1\ 801.1\text{ mm}$, 其分布有明显的干湿季。该区年蒸发量为 $1\ 638.8\text{ mm}$, 每年还有数次台风或热带风暴。土壤酸性较强, 质地较粘, 有机质含量大都为 $0.56\%\sim 1.64\%$ ^[3]。

该地区历史上为森林地带, 顶极群落是亚热带季风常绿阔叶林。但由于不断增长的人类活动的影响, 造成植被退化、水土流失、土壤瘠瘦和水源枯竭。人为活动的干扰, 许多地方退化为亚热带草坡^[4]。自 1984 年起, 中科院华南植物研究所先后在鹤山市林科所林地营造成了多种类型的人工林, 进行植被恢复研究并构建林、果、草、渔复合农业生态系统示范模式, 系统包含有林地、果园、草地、渔业及苗圃等主要配置成分, 该模式已广泛推广, 获得了良好的经济、生态、社会效益^[5,6]。

3 研究方法

3.1 土壤理化性质指标测定

按照参考文献相关方法进行^[7]。

3.2 土壤碳储量测定

挖土壤剖面 100 cm 深, 上层 50cm 每 10cm 取一个土样, 以后 25cm 一个土样。土样在室内自然风干后过 2mm 筛, 用玻璃瓶或塑料瓶密封存放, 备作化学分析(有机碳含量或有机质含量)。同时用环刀法

收稿日期: 2002-06-23。

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(39899370)、中国科学院知识创新项目(KZCX2-407)、广东省基金重大项目(980952)及中国科学院鹤山开放基金。

作者简介: 李跃林(1970-), 男(汉族), 湖南邵阳人, 在读博士研究生。主要从事土壤生态、植被生态及生态系统全球变化研究, 发表学术论文 6 篇, 参编专著 1 部。Tel: 020-85232862 E-mail: yuelin@scib.ac.cn

每 10cm 取一个容重样, 带回室内测定土壤容重。数据处理方法^[8]: 100cm 土层 C 储量 S 采用以容重 d_i 、含量 C_i 及每层土厚度 D_i 进行计算, 公式为

$$S=\sum_{i=1}^7(C_i\times d_i\times D_i)$$

式中 i 为土壤层次。

4 结果与讨论

4.1 土地利用变化与土壤碳储量的变化

鹤山农林复合生态系统包含有林地、果园、草地、渔业及苗圃等主要配置成分, 决定了其多种土地利用方式, 由于不同成分在土壤管理上的区别, 带来了土壤性状的相关变化, 经过十几年的土壤—植被—人类的相互作用, 形成了与耕作管理方式相适应的土壤特征, 不同土地利用方式的碳储量具有不同特征。

4.1.1 人工林林地土壤有机碳含量

对林地土壤理化性质的测定见表 1, 由表 1 可知, 造林前(1986 年), 植被对土壤的作用主要表现在表土层, 其有机碳与全氮含量均较高, 但下层则迅速降低, 而造林后(2000 年)马占相思林使土壤有机碳和全氮含量大大提高, 特别表现在对下层土壤的

影响, t 检验的结果也表明造林影响显著。

林地是系统中最大的土地利用类型, 又主要位于每个山丘的中上部, 多为近十年栽植的人工林, 极少成熟林, 中心区森林类型较为复杂, 外围区主要是针叶林或简单混交林。土壤成土母质是砂页岩, 造林前坡地是稀疏灌丛草地, 土壤主要受到 2 个因素的影响——人为因素与植被因素。植树对土壤的翻动, 使土壤变得疏松, 同时破坏了原来的土壤剖面特征, 表现为初期有机碳含量的下降等, 随着林分的生长有机碳含量得到恢复, 同时较先前有机碳含量发生了变化, 即 20cm 以下土壤有机碳含量显著增加。

由相关分析可得, 林地有机碳含量与全氮及交换性阳离子 K^{+} 呈极显著相关(相关系数分别为 0.9384, 0.9922; $R_{0.001}=0.9249$), 与速效磷显著相关(相关系数 0.8637; $R_{0.01}=0.8343$), 与交换性阳离子 Na^{+} 、 Mg^{2+} 有一定相关关系(相关系数分别为 0.6796, 0.6757; $R_{0.10}=0.6215$)。这表明了土壤有机碳与全氮含量关系密切, 土壤有机质含量高有利于土壤养分氮素的增加, 土壤有机胶体对土壤交换能力具有促进作用, 土壤有机碳含量的提高促进了交换性阳离子含量的提高。

表 1 林地土壤化学性质

Table 1 Chemical properties of forest soil

采样深度 Sampling depth		pH (1: 5)	有机碳 Soil organic carbon (g·kg ⁻¹)	全氮 Total nitrogen (g·kg ⁻¹)	C/N	全磷 Total phosphorus (g·kg ⁻¹)	速效磷 Avai lable phosphorus (mg·kg ⁻¹)	交换性阳离子 Exchangeable cation capacity (cmol(+)·kg ⁻¹)			
								K ⁺	Na ⁺	1/2Mg ²⁺	1/2Ca ²⁺
造林后 Post-afforestation 2000	0—10	4.47	14.52	1.30	11	0.33	2.04	0.1887	0.1474	0.1598	0.0931
	10—20	4.39	14.14	1.56	9	0.33	1.21	0.1840	0.1192	0.1190	0.0717
	20—30	4.36	7.62	0.79	10	0.29	1.08	0.1566	0.0760	0.1117	0.0394
	30—40	4.53	7.05	0.72	10	0.29	0.28	0.1574	0.0407	0.1152	0.2285
	40—50	4.56	7.17	0.89	8	0.28	0.54	0.1585	0.1418	0.0989	0.0292
	50—75	4.64	8.50	0.70	12	0.32	0.54	0.1649	0.1049	0.1047	0.0297
	75—100	4.76	5.31	0.56	10	0.35	0.28	0.1518	0.0314	0.1180	0.0411
造林前 Pre-afforestation 1986	0—10	4.03	15.30	1.23	12	0.55	10.0	0.1151	—	0.0888	0.1234
	10—20	4.30	4.90	0.49	10	0.54	6.6	0.0537	—	0.0334	0.0304
	20—30	4.33	4.39	0.40	11	0.55	12.1	0.0542	—	0.0159	0.0256
	30—40	4.52	3.38	0.33	10	0.54	29.0	0.0537	—	0.0119	0.0156
	40—50	4.54	3.26	0.30	11	0.61	8.6	0.0542	—	0.0102	0.0135
	50—75	4.59	3.02	0.29	10	0.60	6.5	0.0530	—	0.0083	0.0131
	75—100	4.60	3.00	0.26	11	0.62	6.5	0.0562	—	0.0069	0.0123
成对双样本t检验 t-test		1.9811 *	3.3497 *	3.9178 *	—17.1974 *—3.3542 *		15.9924 *		18.9888 *		1.4433 *

注: t 单尾临界值 1.9432; *表示显著相关 Significant。

4.1.2 果园、草地土壤有机碳含量

果园一般位于山丘的下部,土层较厚,相当大部分种植高值果树,如荔枝、龙眼及芒果等。草地是为鱼塘而设置的一个成分,塘基种草养鱼。果园及草地土壤有机碳与氮含量状况见表 2。

4.2 林地、果园、草地土壤 有机碳比较及碳储量

对林地、果园、草地不同土地利用方式下的土壤进行有机碳含量的变化比较,由图 1 可知各种土地利用方式下,土壤有机碳含量均随土壤深度增加而降低。在同一土壤深度不同土地利用下的有机碳含量比较一般为:林地>果园>草地。草地最低,原因是草地伴随鱼塘的建立而成,受人为扰动极大,相当大部分是客土,也没有象果园那样获得培肥管理,因此表现出土壤肥力的不同。林地上层土壤有机碳含量显著较高,主要原因是鹤山林、果、草、鱼系统保护条件好,因而林下地表凋落物丰富,相应地表现出地表养分的富集。

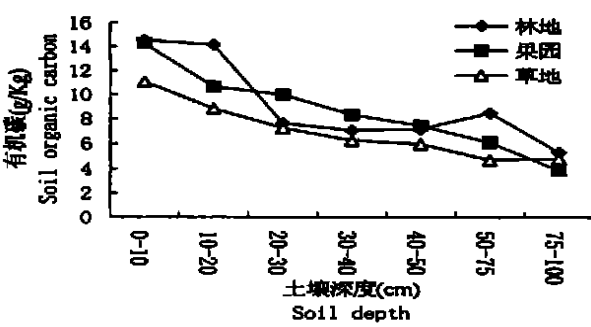


图1 不同土地利用土壤有机碳变化比较
Fig. 1 Comparison among the contents of SOC in different land use

为了计算不同土地利用方式下土壤有机碳储量,表 3 列出林地、果园及草地的土壤容重。

根据以上试验数据,运用前述公式,分别对各种土地利用方式的土壤有机碳储量进行计算,结果是:林地为 125.82 t°hm⁻²;果园为 74.66 t°hm⁻²;草地为 88.53 t°hm⁻²(图 2)。

表 2 果园、草地土壤剖面有机碳及全氮含量

Table 2 Contents of soil organic carbon(SOC) and total nitrogen of orchard and grassland soil profiles

采样深度 Sampling depth(cm)	果园 Orchard			草地 Grassland		
	有机碳 SOC (g°kg ⁻¹)	全氮 Total nitrogen (g°kg ⁻¹)	C/N	有机碳 SOC (g°kg ⁻¹)	全氮 Total nitrogen (g°kg ⁻¹)	C/N
0—10	14. 25	1. 49	10	11. 07	0. 099	11
10—20	10. 64	1. 29	8	8. 84	0. 088	10
20—30	9. 99	1. 06	9	7. 25	0. 089	8
30—40	8. 34	0. 91	9	6. 26	0. 072	9
40—50	7. 44	0. 73	10	5. 97	0. 069	9
50—75	6. 10	0. 63	10	4. 68	0. 056	8
75—100	3. 86	0. 50	13	4. 79	0. 057	8

表 3 不同土地利用方式的土壤容重

Table 3 Soil bulk density in different land use

采样深度 Sampling depth (cm)	林地土壤容重 Forest Soil bulk density (g°cm ⁻³)	果园土壤容重 Orchard soil bulk density (g°cm ⁻³)	草地土壤容重 Grassland soil bulk density (g°cm ⁻³)
0—10	1. 27	0. 97	1. 30
10—20	1. 52	1. 01	1. 20
20—30	1. 52	1. 02	1. 50
30—40	1. 49	1. 02	1. 50
40—50	1. 52	0. 97	1. 50
50—75	1. 54	0. 94	1. 50
75—100	1. 52	1. 02	1. 40

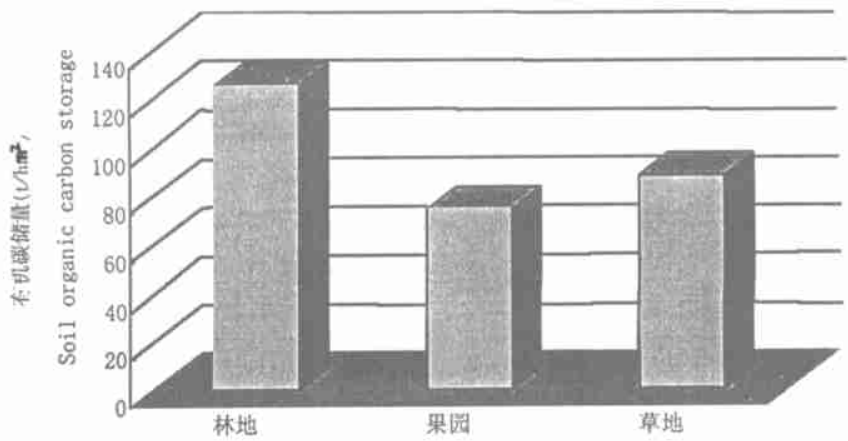


图2 不同土地利用方式土壤碳储量

Fig. 2 Soil organic carbon storage in differenet land use

森林土壤中的有机碳主要来源于森林动植物的残体和森林枯枝落叶经微生物分解转化和化学淋溶。由于土地利用方式的不同,各个子系统的立地环境有很大差异,在林地中,森林植物根系较果树及草本远远发达,对土层影响的深度远超过其它土地类型,且森林凋落物保护完整,没有人为破坏,其土壤中的动物、微生物种类和数量丰富,因而表现出高的土壤碳储量。虽然果园有机碳含量高于草地,可是果园的有机碳储量却低于草地,即果园土壤碳储量最低,其原因可从如下二方面得到解释:一是果园土为客土,没有完整的土壤层次,土壤粒级搭配不当;二是果园土壤极为疏松,从表土至底土变化不大,容重约为 $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$,有相当多大孔隙不能持水,表现为入渗率极高而持水力低,最大持水量在剖面上基本不变。因而持水量并不很高,对于干湿季明显的鹤山气候来说,在一定程度上限制了土壤碳的积累。但是需要指出的是,尽管果园土壤碳储量相对来说较低,它并不影响整个农林复合生态系统的生产力,随着经济木果树的成长,及多种生物因素的综合作用,土壤有机质(有机碳)状况会得到改善。

5 结语

由以上分析可知,不同的土地利用方式下,在一定程度上会导致土壤碳储量的差异,其中以林地有机碳的储存量最大。因此,森林保护对于全球变暖的缓解具有极其重要的意义,应当重视植树造林,及对人工林的抚育管理^[9]。

从反面角度来看,我们可以这样理解,正是人类对森林的肆无忌惮的破坏,改变了森林土地的利用方式,从而导致了陆地生态系统碳固定功能的减弱。联系全球变化背景下的土地利用,不同的土地利用方式对土壤碳吸存(sequestration)的影响作用必须高度重视。通过适合的土地资源管理形式,持续土壤碳吸存的经营抉择,最终可达到以稳定腐殖质形式提高土壤对大气 CO_2 的吸存^[10]。因此,探讨不同利用方式下土壤碳的变化动态对全球环境变化的研究来说,意义重大。特别在我国南亚热带,一个人口高度密集的地区,且经济的发展水平相对较高,人为因素对土地的利用类型影响深刻。只有寻求出一个合适的生产发展模式,使之朝一个有利于土壤碳储存而又促进土地退化过程逆转的方向发展,才是人们在缓解大气 CO_2 浓度上升中应该做出的抉择。

参考文献:

[1] 曾庆波,李意德,陈步峰,等. 热带森林生态系统研究与管理 [M]. 北京:中国林业出版社,1997. 185~190.

[2] Schimel D. S. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle[J]. Global Change Boil. 1995, 1: 77~91.

[3] 余作岳,彭少麟. 热带亚热带植被恢复生态学 [M]. 广州:广东科技出版社,1996. 1~5.

[4] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学 [M]. 北京:科学出版社,1996. 24~29.

[5] 彭少麟. 中国南亚热带退化生态系统的恢复及其生态效应 [J]. 应用与环境生物学报, 1995, 1(4): 403~414.

[6] 彭少麟. 恢复生态学及植被重建 [J]. 生态科学, 1996 15(2): 26~31.

[7] 中科院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.

[8] 吴仲民, 曾庆波, 李意德, 等. 尖峰岭热带森林土壤 C 储量和 CO₂ 排放量的初步研究[J] . 植物生态学报, 1997, 21(5): 416~423.

[9] 李克让, 陈育峰, 刘世荣, 等. 减缓用适应全球气候变化的中国林业对策[J] . 地理学报, 1996 51(增刊): 109~119.

[10] Batjes N.H. Mitigation of atmospheric CO₂ concentrations by increased carbon sequestration in the soil[J] . *Biol Fertil Soils*. 1998, 27: 230~235.

A Study on the Soil Carbon Storage of Some Land Use Types in Heshan, Guangdong, China

LI Yue-lin, PENG Shao-lin, ZHAO Ping, REN Hai and LI Zhi-an
(South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650 China)

Abstract: In order to find the relationship between land use and soil carbon sequestration, especially the influence of vegetation rehabilitation, these indices including some of related chemical characteristics such as soil organic matter, total nitrogen, were studied in this paper. The results showed that: among the different land use, it had different soil carbon storage. All the test plots, the forest soil, orchard soil or the grassland soil, which the content of soil organic carbon (SOC) decreased with the increase of soil depth, and the content of SOC in different land use at the same depth was generally in order: forest soil> orchard soil> grassland soil. The variation tendency of total nitrogen content was the same as soil carbon content. The ratio of C/N was 10 or so. According to the calculation, for the different soil bulk density, soil organic carbon storage of forest land, orchard land and grass land reached 125.82t °hm⁻², 74.66 t °hm⁻² and 88.53 t °hm⁻² with the three kinds of land use, respectively. As the results, expanding afforestation and forest protection were effective measures to mitigate the rising of CO₂ in atmosphere.

Key words: soil organic carbon; land use type; Carbon storage; Heshan