

三峡库区中坝遗址考古地层土壤有机碳的分布及其与人类活动的关系*

高华中^{1,2} 朱 诚¹ 孙智彬³

(1 南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

(2 临沂师范学院地理与旅游系, 山东临沂 276005)

(3 四川省文物考古研究所, 成都 610041)

DISTRIBUTION OF SOIL ORGANIC CARBON IN ARCHAEOLOGICAL STRATA OF ZHONGBA SITE IN THREE GORGES RESERVOIR AND ITS RELATION TO HUMAN ACTIVITIES

Gao Huazhong^{1,2} Zhu Cheng¹ Sun Zhibin³

(1 Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

(2 Department of Geography and Tourism, Linyi Teachers' College, Linyi, Shandong 276005, China)

(3 Sichuan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Chengdu 610041, China)

关键词 中坝遗址; 考古地层; 土壤有机碳; 人类活动; 三峡库区

中图分类号 S153.6 文献标识码 A

随着三峡工程的顺利进行, 库区的文物保护、考古发掘愈加紧迫, 处于三峡库区腹地的忠县中坝遗址始得以发掘, 因其文化层包含了新石器时代、夏商周时期, 直到唐、宋、明、清, 而被誉为地下“二十四史”。遗址延续时间之长, 遗迹和遗物之丰富在中外遗址中实属罕见, 可以说中坝遗址是重庆三峡库区 5 000 a 来历史的缩影。

土壤有机碳是进入土壤中的生物残体及其部分分解产物和土壤腐殖质, 其含量的高低受气候条件和人类活动的共同影响^[1~5]。土壤有机碳库是陆地碳库的核心组成部分, 也是全球碳循环的重要组成部分, 据估计全球土壤有机碳库高达 1 400~ 1 500 Pg, 是陆地植被碳库的 2~ 3 倍, 是全球大气碳库的 2 倍多^[4], 土壤通过呼吸排放到大气中的 CO₂ 是人类活动排放量的 10 倍, 是决定陆地生态系统碳平衡的主要因子^[6,7], 因此土壤有机碳的变化对全球变化影响巨大。土壤有机碳储量及其变化与环境质量的

相互关系成为土壤与全球变化研究的热点^[8~10], 前人对土壤有机碳储量及空间分布等方面进行了大量的研究^[11~17], 但对考古地层土壤有机碳分布的研究尚不够深入。本文结合野外调查和样品有机碳的分析测试, 探讨了西周以来土壤有机碳在考古地层剖面中的分布特征及其与人类活动的关系。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

中坝遗址(30°20′43″N, 108°1′37″E)海拔 148 m, 位于重庆市忠县县城正北 6 km, 处于甘井河两岸的阶地上, 遗址总面积约 50 000 m², 距长江干流 4.5 km。甘井河是长江上游的一级支流, 发源于重庆市忠县西北部的精华山, 自西北向东南注入长江, 全长 66 km, 流域面积 910 km²。

该区地处四川盆地东部, 为盆东褶皱带平行岭

* 国家自然科学基金重大研究计划项目(批准号: 90411015)、国家自然科学基金项目(编号: 40271103)、南京大学“985 工程”自然地理学科建设基金和南京大学测试基金项目共同资助

作者简介: 高华中(1966~), 男, 副教授, 在读博士生, 主要从事环境演变与环境考古研究。E-mail: gaohzh@163.com

收稿日期: 2004-04-02; 收到修改稿日期: 2004-10-10

谷区,地貌以低山丘陵为主,属中亚热带季风性湿润气候。年平均气温 18.2℃,1 月平均气温 7℃,7 月平均气温 29℃;年均降水 1190mm,5~9 月最为集中;全年无霜期 307~331d。

1.2 研究方法

于 2002 年冬、2003 年春两次赴发掘现场实地调研,进行了地貌学、沉积学等一系列分析研究并采集样品。采样间距为 2~16cm,采集样品后现场装入聚乙烯塑料袋密封,带回室内自然风干,剔除砾石及炭屑、陶片、动物骨骼等侵入物,磨碎,先过 10 目(2mm)筛,研磨后再过 100 目尼龙筛备用。土壤有机碳含量的测定采用高温外热重铬酸钾氧化—容量法^[18]。表 1 是该遗址 T0102 探方考古断代和地层层位分布情况。

2 结果

2.1 中坝遗址考古地层剖面特征及年代

该区土壤母质为上沙溪庙组中侏罗统紫红色砂岩、泥岩^[19],自然土壤为中性紫色土,pH 值 6.5~7.5;质地轻壤至重壤^[20],有机质含量低。中坝遗址发掘前表土层全部开垦为耕地,以种植蔬菜等经济作物为主,施肥量较大,精耕细作,轮作经营。

根据颜色、质地,中坝遗址 T0102 探方文化层自西周以来可分为 41 层,整个地层剖面由四川省文物考古研究所按考古器物排比法定年,T0102 探方西壁剖面西周以来主要有 22 层,其分层状况、沉积特

表 1 中坝遗址考古地层剖面

地层代号	地层	深度(cm)
耕土层	耕土层	0~42
近现代土层	近现代土层	42~69
明清扰动层	明清扰动层	69~143
明代土层	明代土层	143~184
宋朝土层	宋朝土层	184~308
六朝至唐代土层	六朝至唐代土层	308~349
秦汉土层	秦汉土层	349~408
战国土层	战国土层	408~536
春秋土层	春秋土层	536~647
西周土层	西周土层	647~868

征及年代情况见表 2。

表 2 中坝遗址 T0102 探方西壁考古地层分层状况及沉积特征

编号	厚度(cm)	地层特征	考古断代
1	42	棕褐色砂土,含少量根系,耕土层	现代
2	27	灰褐色夹砂土	近现代
3	50	灰褐色粉砂土,无包含物,扰动层	明清
4	24	黄褐色砂土,无包含物,扰动层	明清
5	41	黄棕色壤土,见灰陶片	明代
6	62	灰色粉砂土与红棕色淤泥土互层,无包含物	宋代
7	38	灰黑色粉砂质土,夹黄红色淤泥层,含宋代瓷片	宋代
8	13	黄红色淤泥层,无包含物	宋代
9	26	灰黄色粉砂质粘土,含少量砾石和炭屑	宋代
10	41	灰棕色粉砂土,含陶片	六朝至唐代
11	18	灰棕色粉砂质土,含少量汉代瓦片	汉朝
12	20	灰棕色粉砂质土,含少量灰烬和陶片	秦朝
13	78	灰黑色粉砂土,含大量炭屑、陶片,见动物骨骼、鱼鳃骨	战国
14	14	灰棕色粉砂土,含较多陶片、炭粒、鱼鳃骨、动物骨骼	战国

续表

编号	厚度(cm)	地层特征	考古断代
15	15	黄棕壤, 含大量陶片、炭屑, 有红烧土颗粒	战国
16	7	黄红色淤土, 含炭屑, 少量陶片、骨骼	战国
17	50	灰黑色粘土, 含较多陶片, 红陶为主, 灰陶少量, 下部灰炆多, 见动物骨骼	战国初期
18	64	黑灰色砂质粘土, 富含陶片、炭屑	春秋
19	66	灰色粉砂质粘土, 含细砾、较多陶片、少量炭屑	西周末期
20	19	黄红色粉砂质淤泥, 无包含物	西周
21	17	黄棕色砂土, 含少量陶片、大量炭屑	西周
22	72	灰黑色粘土, 含大量陶片、炭屑, 红陶在上, 黑陶在下, 有动物骨骼	西周初期

2.2 中坝遗址考古地层剖面土壤有机碳含量

对剖面 68 个样品进行了有机碳测定分析, 整个剖面的有机碳含量在 $1.2 \sim 79.2 \text{ g kg}^{-1}$ 之间, 平均值为 20.3 g kg^{-1} , 有机碳含量变化幅度较大。纵观整个剖面, 有机碳与土壤对应关系良好, 即暗色粘土中

有机碳含量高, 浅色砂土及淤泥有机碳含量低。这说明当前者堆积时, 植被生长茂盛, 覆盖度高, 造成有机碳含量高; 而后者堆积时, 不利于植物生长或植被覆盖度低或遭受洪水冲刷, 致使沉积物中有机碳含量低, 结果见表 3。

表 3 中坝剖面土壤有机碳含量

样品编号	深度(m)	有机碳 ¹⁾ (g kg^{-1})	年代	样品编号	深度(m)	有机碳 ¹⁾ (g kg^{-1})	年代
ZW1-1	0~ 15	11.3 ± 0.33	现代	ZW12A-1	305~ 320	13.7 ± 0.28	唐代
ZW1-2	15~ 35	9.0 ± 0.21	现代	ZW12A-2	320~ 330	9.3 ± 0.21	唐代
ZW2A-1	35~ 50	6.6 ± 0.17	近代	ZW12A-3	330~ 345	8.5 ± 0.19	唐代
ZW2A-2	50~ 60	3.5 ± 0.08	近代	ZW13	345~ 350	9.3 ± 0.21	六朝
ZW4-1	60~ 80	3.0 ± 0.08	明清	ZW14-1	350~ 355	8.6 ± 0.23	汉朝
ZW4-2	80~ 90	6.0 ± 0.16	明清	ZW14-2	355~ 365	8.5 ± 0.19	汉朝
ZW4-3	90~ 110	3.1 ± 0.07	明清	ZW15-1	365~ 377	6.9 ± 0.20	秦朝
ZW5-1	110~ 125	1.2 ± 0.03	明代	ZW15-1	377~ 385	8.0 ± 0.22	秦朝
ZW5-2	125~ 135	2.6 ± 0.07	明代	ZW16	385~ 415	25.9 ± 0.52	战国
ZW6-1	135~ 155	8.1 ± 0.19	明代	ZW17	415~ 430	17.4 ± 0.32	战国
ZW6-2	155~ 165	6.3 ± 0.14	明代	ZW18-1	430~ 450	10.2 ± 0.22	战国
ZW11A-1	165~ 183	10.5 ± 0.24	宋代	ZW18-2	450~ 460	17.9 ± 0.39	战国
ZW11A-2	183~ 190	7.7 ± 0.17	宋代	ZW19	460~ 475	20.3 ± 0.31	战国
ZW11A-3	190~ 197	9.5 ± 0.23	宋代	ZW20	475~ 500	23.5 ± 0.41	战国
ZW11A-4	197~ 205	5.3 ± 0.14	宋代	ZW23-1	500~ 520	18.1 ± 0.37	战国
ZW11A-5	205~ 215	8.9 ± 0.21	宋代	ZW23-2	520~ 530	22.1 ± 0.33	战国
ZW11A-6	215~ 230	6.3 ± 0.16	宋代	ZW23-3	530~ 540	49.6 ± 0.73	春秋
ZW11B-1	230~ 242	17.0 ± 0.43	宋代	ZW24-1	540~ 565	48.0 ± 0.67	春秋
ZW11B-2	242~ 248	12.4 ± 0.28	宋代	ZW24-2	565~ 575	21.2 ± 0.42	春秋
ZW11B-3	248~ 256	9.0 ± 0.23	宋代	ZW25-1	575~ 591	22.6 ± 0.52	春秋
ZW11B-4	256~ 263	7.3 ± 0.18	宋代	ZW25-2	591~ 598	32.4 ± 0.61	春秋
ZW11B-5	263~ 272	6.1 ± 0.14	宋代	ZW26-1	598~ 610	51.3 ± 0.83	春秋
ZW11D-1	272~ 295	17.5 ± 0.41	宋代	ZW26-2	610~ 620	27.6 ± 0.64	春秋
ZW11D-2	295~ 305	15.2 ± 0.30	宋代	ZW28	620~ 642	26.2 ± 0.56	春秋

续表

样品编号	深度(m)	有机碳 ¹⁾ (g kg ⁻¹)	年代	样品编号	深度(m)	有机碳 ¹⁾ (g kg ⁻¹)	年代
ZW29-1	642~ 652	46.4±0.70	西周	ZW38-2	781~ 788	20.4±0.58	西周
ZW29-2	652~ 657	30.6±0.53	西周	ZW39-1	788~ 798	47.8±0.87	西周
ZW30-1	657~ 680	66.1±0.94	西周	ZW39-2	798~ 808	72.6±1.06	西周
ZW30-2	680~ 690	79.2±1.12	西周	ZW40-1	808~ 823	46.3±0.77	西周
ZW32	690~ 705	40.9±0.83	西周	ZW40-2	823~ 833	60.2±0.89	西周
ZW33	705~ 730	19.7±0.52	西周	ZW41-1	833~ 846	25.9±0.68	西周
ZW34-1	730~ 740	23.7±0.59	西周	ZW41-2	846~ 853	23.2±0.58	西周
代	740~ 748	29.5±0.67	西周	ZW42-1	853~ 863	34.4±0.70	西周
ZW35	748~ 755	3.3±0.07	西周	ZW42-2	863~ 868	13.2±0.23	西周
ZW36	755~ 760	3.0±0.08	西周				
ZW38-1	760~ 781	33.3±0.94	西周				

1) 2 次平行样品的平均值±标准差

2.3 土壤有机碳的分布及其与人类活动的关系

就整个中坝遗址考古地层剖面来看, 有机碳含量自西周以来逐步降低, 至明清时期降至最低值。根据剖面有机碳含量的垂向变化, 大致可分为 5 个时段。

(1) 西周至春秋。土壤有机碳平均含量为 36.6 g kg⁻¹, 远高于整个剖面平均值, 表明研究区植被繁茂, 覆盖度高, 生态环境质量好。此时该区气温暖湿, 温度大约高于现今 1~ 2℃^[21]。值得一提的是, 西周中期出现的土壤有机碳含量低谷并非植被覆盖差, 通过分析该时段的地层可以发现, 剖面沉积物为黄红色粉砂质淤泥(见表 2 之 20 地层)。沉积分析表明, 这是洪水高水位时的河流悬移质沉积^[22, 23], 在长江三峡及长江中下游平原多次出现这种情况^[24~ 26], 因此西周中期存在一次大洪水事件。该时期研究区内的居民人口稀少, 从出土的遗物来看, 以渔猎为生, 居住在河流两岸的阶地上, 对周围环境的影响很小。

(2) 战国早中期。有机碳平均含量为 19.4 g kg⁻¹, 较前期大幅下降, 表明植被覆盖率降低。从整个剖面来看, 此段为过渡期, 有机碳含量由高值向低值过渡。此期间有少量农耕民族迁入^[27], 农业有所发展, 但农业耕作仅限于河流两岸的平地, 因此对该区环境的影响不大。

(3) 战国晚期至宋代末期。有机碳含量平均值为 9.8 g kg⁻¹, 较前期进一步下降, 表明自战国晚期至元代, 植被覆盖率逐渐降低。人类活动是造成剖面土壤有机碳含量下降的主要原因, 同时该时期气温也逐步下降, 对植被生长造成一定影响。秦汉至

六朝, 该地盐业兴起, 当时煮盐的燃料主要是木材, 这对当地的森林有一定的消耗, 但总的来说, 此时该区人口稀少, 人口数量处于缓慢的自然增长状态, 生产发展也较为缓慢, 对环境的影响较小, 唐代以前整个三峡库区的植被覆盖率在 80% 以上^[28]。唐宋以来全国经济重心逐渐南移, 该区经济地位随之上升, 人口也大量增加, 致使耕地不足, 只能通过毁林开荒来扩大耕地, 至南宋时期四川盆地东部平行岭谷区的植被覆盖率降至 50% 左右^[28]。植被覆盖率的降低, 使有机质输入量减少, 导致土壤有机碳含量下降。

(4) 明清时期。有机碳含量降至最低, 平均值仅为 4.3 g kg⁻¹, 反映植被覆盖状况极差。该时期的人地矛盾空前尖锐, 随着该区人口的几起几落, 至清中叶以后踏上了持续快速增长的道路, 随着梯田等新技术以及旱地作物的推广和普及, 农田已发展到山区, 至此该区的原始森林被砍伐殆尽, 植被覆盖率为降低^[29]。“小冰期”的寒冷气候也抑制了植被的生长。生态环境的恶化, 导致自然灾害频频发生, 仅 18~ 19 世纪的 200 年间, 该区发生洪涝灾害就达 40 次, 平均 5 年一次^[30]。

(5) 民国以来。土壤有机碳含量有所回升, 可能与近、现代人类的耕作活动有关, 限于本文研究的时限及分辨率, 在此不作更进一步的研究。

3 结 论

整个剖面的有机碳含量在 1.2~ 79.2 g kg⁻¹ 之间, 平均值为 20.3 g kg⁻¹。西周至春秋土壤有机碳平均含量为 36.6 g kg⁻¹, 高于整个剖面平均值, 表明

研究区植被繁茂,覆盖度高,生态环境质量好。战国早中期有机碳平均含量为 19.4g kg^{-1} ,较前期大幅下降,表明植被覆盖率降低。战国晚期至宋代末期有机碳含量平均值为 9.8g kg^{-1} ,较前期进一步下降,表明自战国晚期至宋代末期,植被覆盖率逐渐降低。明清时期有机碳含量降至最低,平均值仅为 4.3g kg^{-1} ,反映植被覆盖状况极差。

中坝遗址考古地层土壤有机碳含量受人类活动及气候变化的影响。当人类活动强度大,地表自然植被破坏严重时,有机质的输入量减少,土壤侵蚀量增大,土壤有机碳含量随之降低;当气温下降时,往往降水随之减少,对植被生长不利,从而造成有机质输入量减少。西周至19世纪中叶,随着该地人类活动强度不断增大以及气温的逐渐降低,土壤有机碳含量逐渐下降。战国中期以前土壤有机碳含量受气候、植被变化的影响较大;战国晚期以来人类活动对土壤有机碳含量的影响逐渐增大,尤其是唐宋以来人类活动对土壤有机碳含量的影响显著增强。

致谢 本文得到易朝路教授、申洪源博士的指导和帮助,谨致谢忱。

参考文献

- [1] Post W M, Emanuel W R, Zinke P J, *et al.* Soil carbon pools and world life zones. *Nature*, 1982, 298 (8): 156~ 159
- [2] Xiao H L. Climate change in relation to soil organic matter. *Soil and Environment Science*, 1999, 8 (4): 300~ 304
- [3] 周涛,史培军,王绍强. 气候变化及人类活动对土壤有机碳的影响. *地理学报*, 2003, 58(5): 727~ 734
- [4] 苏永中,赵哈林. 土壤有机碳储量、影响因素及其环境效应的研究进展. *中国沙漠*, 2002, 22(3): 220~ 228
- [5] 田昆,贝莱塔,常凤来,等. 香格里拉大峡谷土壤特性及其人为活动的影响. *土壤*, 2004, 36(2): 203~ 207
- [6] Valentini R, Mattenucci G, Dolman A J, *et al.* Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature*, 2000, 404: 862~ 864
- [7] Jenkinson D S, Adams D E, Wild A. Model estimates of CO_2 emissions from soil in response to global warming. *Nature*, 1999, 351: 304~ 306
- [8] 潘根兴,李恋卿,张旭辉,等. 中国土壤有机碳库量与农业土壤碳固定动态的若干问题. *地球科学进展*, 2003, 18(4): 609~ 618
- [9] 曲建生,孙成权,张志强,等. 全球变化科学中的碳循环研究进展与趋势. *地球科学进展*, 2003, 18(6): 980~ 987
- [10] 孙成权,曲建生. 国际地球科学发展趋势. *地球科学进展*, 2002, 17(3): 344~ 347
- [11] 解宪丽,孙波,周慧珍,等. 中国土壤有机碳密度和储量的估算与空间分布分析. *土壤学报*, 2004, 41(1): 35~ 43
- [12] 王绍强,周成虎,李克让. 中国土壤有机碳库及空间分布分析. *地理学报*, 2000, 55(5): 533~ 544
- [13] 金峰,杨浩,蔡祖聪,等. 土壤有机碳密度及储量的统计分析. *土壤学报*, 2001, 38(4): 522~ 528
- [14] Eswaran H, Berg E, Reich P. Organic carbon in soils of the world. *Soil Sci Soc Am J*, 1995, 57: 192~ 194
- [15] Schlesinger W H. Evidence from chronosequence studies for a low carbon storage potential of soil. *Nature*, 1999, 348: 232~ 234
- [16] Xie X L, Sun B, Zhou H Z, *et al.* Soil organic carbon storage in China. *Pedosphere*, 2004, 14(4): 491~ 500
- [17] Cheng X F, Shi X Z, Yu D S, *et al.* Using GIS spatial distribution to predict soil organic carbon in subtropical China. *Pedosphere*, 2004, 14(4): 425~ 431
- [18] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 106~ 110
- [19] 四川省地质矿产局. 四川区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991
- [20] 郑霖,柴宗新,郑远昌,等. 四川地理. 成都: 四川科学技术出版社, 1994. 65~ 82
- [21] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究. *中国科学*, 1973, (2): 168~ 189
- [22] 任明达,王乃梁. 现代沉积环境概论. 北京: 科学出版社, 1985. 80~ 85
- [23] 杨达源,谢悦波. 古洪水平流沉积. *沉积学报*, 1997, 15(3): 29~ 32
- [24] 朱诚,于世永,卢春成. 长江三峡及江汉平原地区全新世环境考古与异常洪涝灾害研究. *地理学报*, 1997, 52(3): 268~ 278
- [25] 朱诚,于世永,史威,等. 南京江北地区全新世沉积与古洪水研究. *地理研究*, 1997, 16(4): 23~ 30
- [26] 朱诚,宋建,尤坤元,等. 上海马桥遗址文化断层成因研究. *科学通报*, 1996, 45(2): 143~ 152
- [27] 忠县志编纂委员会. 忠县志. 成都: 四川辞书出版社, 1994. 3~ 25
- [28] 蓝勇. 长江三峡历史地理. 成都: 四川人民出版社, 2003. 21~ 25
- [29] 郭声波. 四川历史农业地理. 成都: 四川人民出版社, 1993. 238~ 240
- [30] 水利部长江水利委员会,重庆市文化局,重庆市博物馆. 四川两千年洪灾史料汇编. 北京: 文物出版社, 1993. 36~ 155