

张家沟小流域水保林生态效益分析

薛丽霞¹, 赵纯勇¹, 王佐成²

(重庆师范学院地理系, 重庆 400047; 2 重庆邮电学院)

摘要: 通过对森林各生态指标的评价, 计算得出张家沟流域在 1983~1993 年 10 年间所种植的 256.63 hm² 水保林, 到 1993 年为止共取得的潜在经济价值 1 556.6 万元, 约为直接价值的 8.58 倍, 从而阐明了森林潜在经济价值的重大意义。

关键词: 水保林; 生态效益; 潜在经济价值

中图分类号: S727; 22.05

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)01-0133-06

Analysis of Ecological Benefit of Soil and Water Conservation Forest in Zhangjiagou Basin

XU E L i-xia¹, ZHAO Chun-yong¹, WANG Zuo-cheng²

(1 The Geography Department of Chongqing Teachers College, Chongqing 400047, China;

2 Chongqing Post and Telecommunications College, Chongqing 400065, China)

Abstract: The indirect economic value is the important component of the forest value with a great significance. The forest planted from 1983 to 1993 have acquired indirect economic value totalling 15 565 million yuan until 1993, it is 8.58 times the direct economic value. It is proved that the indirect economic value is of great importance.

Key words: soil and water conservation forest; ecological benefit; indirect economic value

性、系统性。

1 生态效益评价原则

1.1 评价的客观性

之所以进行生态评价, 是为了如实反映森林给小流域的生态、生产、人民的生活带来的重大改善以及其产生的巨大的间接经济价值, 为将来的措施决策服务, 因此, 保证评价指标的全面、可靠, 确保评价的客观性, 避免主观因素的影响是至关重要的。

1.2 评价指标的系统性

小流域的生态效益离不开整个流域生态系统的大循环, 而生态系统的循环就由于多个生态因子相互作用、互相制约, 共同维持的。评价生态效益的指标需要覆盖目标涉及的各个方面, 具有极大的关联

2 流域综合治理概况^[1]

张家沟流域位于重庆市铜梁县西部, 北纬 29°47'30" ~ 29°50'10" 与东经 105°46'22" ~ 105°49'50" 之间, 地处山丘区, 幅员面积 14.69 km²。是一个主要从事农业生产的典型农村社区。

50 年代, 该流域森林资源丰富, 植被覆盖率达 60% 以上, 由于 60、70 年代的几次大规模毁林开荒, 至 1983 年, 成片森林和林木覆盖度分别下降到 4.20% 和 9.55%, 大规模的陡坡开垦和不合理的耕作制度, 使易风化和侵蚀的遂宁组泥岩丘坡土壤侵蚀大大加速, 每遇暴雨, 山洪爆发, 滑坡、崩塌频频发

生,严重的坡面冲刷,剥蚀耕地,淤积农田,淹没庄稼,冲毁道路和水工建筑,农业生态环境急速恶化,给农业生产和人民生活带来巨大损失。

1984~ 1988 年,在市、县水保办的领导下,该流域开展了退耕还林、荒坡造林和疏林补植为主的水土保持综合治理,仅仙隐山片区的两期治理,共造林 206 3 hm²。

1989~ 1993 年,该流域被纳入“长治”一期小流域重点治理工程,开展了以坡改梯为重点,实行山水、田、林、路、气综合治理,共计完成坡改梯 112 8 hm²,营造水土保持林 54 7 hm²,封禁治理 80 25 hm²,保土补植 64 89 hm²。

该流域通过治理,农业生态环境显著改善,并取得了较显著的生态效益和间接经济效益。

3 造林生态效益评价

3 1 土壤减蚀效应

3 1 1 保土减沙效益明显 张家沟流域在治理之前侵蚀面积占全流域的 85 06%,达到 1 274 hm²,侵蚀模数为 6 554 7 t/(km² · a)。经过 10 年的综合治理,共造林 427 076 hm²,起到了重要的保土减沙作用,使当地的生态环境有了明显改善,并带来巨大的间接经济效益。(见表 1、表 2):

表 1 张家沟流域水土流失强度统计表

分级标准		1983 年		1993 年		2000 年	
项目	侵蚀模数 /(t · km ⁻² · a ⁻¹)	面积 /km ²	侵蚀量 /t	面积 /km ²	侵蚀量 /t	面积 /km ²	侵蚀量 /t
1 正常侵蚀	< 500	2 19355	548 4	4 6716	1167 95	4 6716	1167 95
2 轻度侵蚀	500~ 2500	5 02116	7531 7	6 5241	9786 6	8 0018	12002 76
3 中度侵蚀	2500~ 5000	1 13306	4249 0	2 5714	9665 25	1 7749	6655 78
4 强度侵蚀	5000~ 8000	0 89267	5802 4	0 7097	4613 05	0 1097	712 83
5 极强度侵蚀	8000~ 15000	3 08187	30818 7	0 1424	1424 0	0 0671	671 2
6 剧烈侵蚀	> 15000	2 36659	47331 8	0 0638	1276 0	0 0638	1276 0
1—6		14 6889	96282	14 6889	27932 85	14 6889	22486 6
合计 2—6		12 4954	95733 6	10 0174	26764 9	10 0173	21318 57

表 2 张家沟流域治理前后土壤侵蚀情况对比

年份	1983	1993	2000(预测)
轻度以上水土流失面积/%	85 06	68 2	68 2
中度以上水土流失面积/%	50 88	23 78	13 72
土壤侵蚀总量/(t · a ⁻¹)	96282	27932 85	22486 52
平均侵蚀强度/(t · km ⁻² · a ⁻¹)	6554 77	1901 63	1530 85
土壤侵蚀量/%	100	- 70 99	- 76 65
水土流失 (1983~ 1993)		70 99	
减少率/% (1993~ 2000)		19 50	

从上表可知: 1983- 1993 年,轻度以上减少 19 8%,强度以上减少 85 6%,中度以上减少 53 26%,侵蚀总量减少 70 99%,侵蚀强度减少两个等级,流域处于良好状态。

表 3 张家沟减少土壤侵蚀价值情况

项目	减少侵蚀总量 /(万 m ³ · a ⁻¹)	土层平均厚度 /m	废弃土地面积 /hm ² · a ⁻¹)	林业生产平均效益 /元 · (hm ⁻² · a ⁻¹) (1990 年不变价)	减少土壤侵蚀价值 /万元
1993 年	5 0629	0 3	16 8763	282 17	0 476
2000 年 (预测)	7 3795	0 3	24 5983	282 17	0 694

1993~ 2000 年,侵蚀量将减少 76 65%,中度以上流失面积继续减少 41 9% 转化为轻度侵蚀,使得轻度侵蚀面积总量不变,强度减少 77 35,流域生态

环境更趋稳定。

按照土地废弃的机会价值的计算方法^[2],我们可以得出减少土壤侵蚀的价值(见表 3)(土壤密度 1 35 t/m³)。

由上表可知,由于水保林的种植,1993 年比 1983 年减少土壤侵蚀的价值为 0 476 万元,2000 年预计可达到 0 694 万元。

3 1 2 土壤肥力增加 林地大面积增加,水土流失不断减少,土层厚度不断增加,加之有机物返田,枯枝落叶层形成腐殖质等作用,土壤养分流失大大减少,使得土壤肥力不断提高。(见表 4):

表 4 张家沟不同土壤养分含量表

项目	土层	N %	P %	K %	有机质	pH 值
老林地 (1984 年前)	Ao	0 17	0 01	1 71	2 76	8 2
	A	0 08	0 008	2 04	1 54	8 3
	B	0 08	0 01	2 36	1 03	8 4
新林地 (1984 年后)	Ao	0 17	0 06	1 86	2 91	8 6
	B	0 08	0 07	0 12	0 87	8 7

注:测定时间:1993 年 6 月。

根据国家平均化肥价格 2 549 元/t(1993 年不变价)计,1983~ 1993 年由于造林所减少的土壤养分流失情况如下(表 5):

表 5 张家沟流域土壤养分流失情况表

项目	土壤流失总量 /t	N 含量 /t	P 含量 /t	K 含量 /t	共计金额 /万元
1983 年	96282	317.7306	26.95896	5882.8302	1587.395
1993 年	27932.85	69.8321	36.3127	553.0704	168.034
2000 年	22486.6	56.2165	29.2326	445.2347	135.27

从上表可知, 经过水土保持治理, 土壤养分流失大大减少, 肥力提高, 节约了大量的肥力投入资金, 1993 年较 1983 年少投入 1 419.361 万元, 预计 2000 年将比 1993 年节约 32.764 万元。

3.1.3 土壤蓄水能力增强 森林素有“绿色水库”之称, 它具有巨大的渗透能力和蓄水能力^[3], 张家沟流域的水保治理过程中, 在沟坡大面积植树造林, 使土壤的蓄水能力得到大幅度的增强, 根据 1983 年和 1993 年两年降水资料, 根据公式: 森林涵养水源总量= 年平均降水量×径流系数×森林面积^[2]分别得出各自的森林涵养水源量(如表 6):

表 6 张家沟流域 1983、1993 年森林涵养水源情况表

项目	年平均 降水量 /mm	径流系数	森林总面积 /hm ²	年平均径流量 (森林涵养水源量) /万 m ³
1983 年	1068.4	0.32	62.73	21.45
1993 年	1229.4	0.32	319.37	125.64

根据水量平衡计算森林涵养水源总量。采用影子工程法计算水价, 以每建设 1 m³ 库容需年投入成本 0.67 元计, 由公式:

涵养水源总价值= 总蓄水量×单位蓄水量的库容成本^[2]

得: 涵养水源总价值(1983) = 0.67 × 21.45 = 14.3715(万元)

涵养水源总价值(1993) = 0.67 × 125.64 = 84.1778(万元)。

由上可知, 1993 年的森林涵养水量比 1983 年增加了 104.19 万 m³, 这不仅减少和滞后了降水进入江河, 削减了洪峰, 减少了洪水径流, 而且也带来了巨大的经济效益: 这就相当于减少了 104.19 万 m³ 的灌溉用水, 折合人民币共计 69 万元。

3.2 滞洪效应

张家沟流域是铜梁县水土流失最严重的地方之一, 历来深受洪涝灾害之苦。最大雨强曾出现过 21 mm/10 min, 59.6 mm/h。暴雨频率高达 50%。暴雨引起的洪涝灾害和滑坡、崩塌等自然灾害严重地威胁着当地人民的生命财产安全。经过综合治理, 削峰滞洪能力大大提高, 滑坡、崩塌减少了 83.2%, 其中, 森林发挥了重大作用。(1984~ 1994 年, 除造林

外, 基本未采取其他防洪措施)(见表 7):

表 7 治理前后一次洪水过程对比

项目	降雨量 /mm	最大雨强 (mm·h ⁻¹)/万 m ³	洪水总量 /万 m ³	洪水历时 /h	洪峰流量 (m ³ ·s ⁻¹)/h	洪峰时间 /h
1983.8.19	112.0	33.1	124.2	51.78	25.65	8:52
1993.8.11	100.4	32.6	108.3	77.73	14.9	13:38
备注	减少洪水总量 15.8 万 m ³ , 历时延长一倍, 削峰 42%, 迟洪 4 h 46 min					

1993 年这次洪水比 1983 年少淹没 30 hm² 水稻田。按当时物价折算, 共减少损失如下(见表 8):

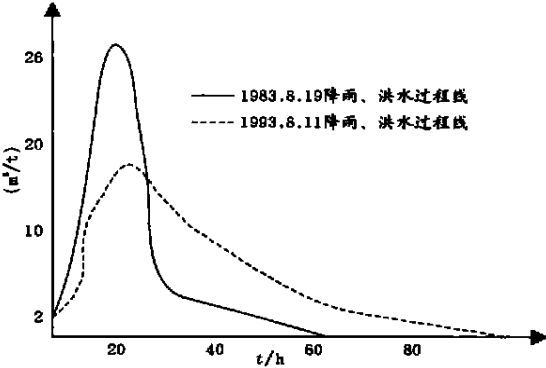


图 1 张家沟流域治理前后两次洪水过程线

表 8 1993 年洪水损失减少量及折算表

项目	单产/ (kg·hm ⁻²)	单价/ (元·kg ⁻¹)	损失率/%	损失/万元
扬花期	546.5	0.41	100	10.083
成熟期			30	3.025

由此可见, 由于森林截流降水、涵蓄水源的作用, 1993 年的洪水无论在规模还是在持续时间上都较 1983 年有明显的减弱, 这同时也使当地农业生产因遭受洪涝灾害而产生的损失大幅度减少, 仅在水稻生产一项上就免受了重大的经济损失。

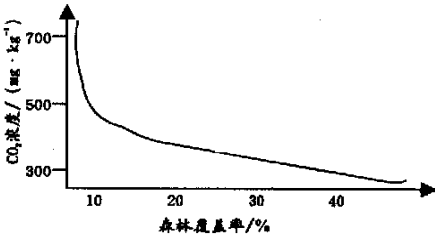
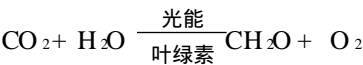


图 2 森林覆盖率与空气中 CO₂ 浓度的相关曲线
(据冯采芹等, 1992)

3.3 碳氧平衡效应

森林在进行光合作用时, 吸收空气中的 CO₂ 和土壤中的水分, 合成有机质并释放 O₂, 其化学反应式为:



森林的呼吸作用也要排放 CO₂, 但植物的光合作用比呼吸作用大得多, 因此森林是大气中 CO₂ 的天然消费者和 O₂ 的制造者, 起着使空气中碳氧平衡的作用^[2]。据测试, 当森林覆盖率小于 10% 时 CO₂ 浓度较高, 日平均含量达 480 mg/kg 以上; 当森林覆盖率达到 30% 以上时, CO₂ 浓度呈直线下降; 当覆盖率达 40% 时, CO₂ 浓度保持到正常含量 320 mg/kg。(图 2)

1993 年张家沟流域森林覆盖率达到 37.94%,

CO₂ 浓度已接近其正常的含量 320 mg/kg, 改善了当地的空气质量。

森林还具有很强的固碳作用, 它储有被固定但易氧化的、以木材和腐殖质形式存在的碳, 可明显地影响大气中的 CO₂ 含量。张家沟流域 10 年综合治理共造林 2 566 3 km², 形成了一个巨大的储碳罐, 虽然森林所固定的碳对当地农民来说没有什么直接的经济意义, 但它所带来的间接经济价值却是巨大的。(见表 9)

表 9 张家沟 1983、1993 年森林固碳情况表

项目	生长量标准/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	面积/hm ²	总生长量/ (t·a ⁻¹)	固定 CO ₂ 量/ (t·a ⁻¹)	折合纯碳/ (t·a ⁻¹)	固碳效益/万元 造林成本法[250 元/(t(C))]
1983	2 673	62 73	167.68	273.32	74.59	1.86
1993	2 673	319.36	853.64	1391.43	379.72	9.49

表 9 中固定 CO₂ 量的计算是根据光合作用方程式, 植物每生产 162 g 干物质可吸收固定 264 g 的 CO₂, 则生成 1 g 干物质可吸收 1.63 g CO₂, 形成 1 t 干物质需 1.63 t CO₂, 则有: 固定 CO₂ 量/a= 植物生物生产量/a×1.63, 表中固定 CO₂ 量需折合为纯碳, 根据 CO₂ 分子式和原子量, C/CO₂=0.272 9, 则有: 固定纯碳量= 固定 CO₂ 量×0.272 9。

可见, 1983 年, 森林共固碳 74.59 t, 总价值 1.86 万元, 1993 年则增加 305.13 t, 总价值比 1983 年增加 7.63 万元, 创造了巨大的经济价值。

森林在吸收 CO₂ 的同时释放出 O₂。同理, 按森林每生产 1 g 干物质可释放 1.19 g O₂, 工业制氧现价 0.4 元/kg 计(《中国生物多样性国情研究报告》), 1983 年林地共释放 O₂ 199.54 t, 经济价值 7.98 万元; 1993 年达 1 015.83 t, 经济价值 40.63 万元。

3.4 净化环境及防治病虫害效应

3.4.1 对 SO₂ 的净化效应 森林能够吸收 SO₂、FH、Cl₂ 和其他有害气体, SO₂ 在有害气体中数量最多、分布最广, 危害也最大, 而对 SO₂ 具有一定程度的降解作用, 将其转化为无毒物质, 这无疑是对大气污染的一种净化作用。

SO₂ 的降解同样具有间接经济价值。根据《中国生物多样性国情研究报告》, 针叶林和阔叶林对 SO₂ 的平均吸收能力值为 152.3 kg/(hm²·a), 每削减 1 t SO₂ 的投资成本为 600 元^[2], 据此可算出张家沟流域水保林 1983 年、1993 年消除 SO₂ 的经济效益。

1983 年、1993 年林地面积分别为 62.73 hm² 和 319.36 hm², 由公式:

总价值= 森林面积×单位森林面积 SO₂ 吸收量×削减单位重量 SO₂ 的成本

得 1983 年森林削减 SO₂ 的经济价值为 0.573 万元, 1993 年为 2.915 万元。

3.4.2 森林的减尘效应 森林对灰尘有滞留、吸

附、过滤等作用, 因此森林对减少大气降尘量和飘尘量的效果非常显著。据测定, 夏季成片森林减尘率可达 61%, 冬季亦有 20% 左右, 这不仅改善了流域内的空气质量, 而且对流域周围的城镇空气亦有一定的净化作用。

3.4.3 防治病虫害效应 六七十年代, 由于乱砍滥伐, 大部分森林被毁, 动物相继销声匿迹。从 1983 年起经过近 10 年的治理, 森林面积扩大, 给各种鸟类的隐蔽、摄食和营巢繁殖活动创造了良好的物质基础, 到 1993 年流域内共有鸟类 11 目 20 科 32 种。鸟类捕食昆虫, 在一定程度上防治了病虫害的发生, 保护了森林和周围的农田。

森林病虫害的防治价值的计算, 采用替代花费法^[2], 即参照人工林和天然次生林每年用于防治森林病虫害方面的单位面积费用来推导张家沟流域水保林自然生态系统自身免于病虫害危害的生态效益。若防治费用按 3.57 元/hm² 计(1995 年不变价), 估计张家沟水保林每年免于病虫害的生态效益, 这相当于同面积森林的防治费用。即:

防治费(1983)= 森林面积×单位面积防治费= 62.73×3.57= 223.946 元

防治费(1993)= 森林面积×单位面积防治费= 319.36×3.57= 1 140.115 元

3.5 降温增湿效应

森林具有良好的调节气温和增加空气湿度的效应, 这是因为植物特别是树木有遮阳荫蔽、减低风速和蒸腾作用的缘故。

3.5.1 森林的降温效应 森林的蒸腾作用伴随着

能量的消耗和潜热能的转换。以 L 表示蒸发潜热, 其大小与蒸发面温度呈线形负相关^[4], 表达式为: $L = 597 - 5/9T$, 其中 T 为蒸发面的温度(), 597 为 0 时的蒸发潜热。

对于森林的蒸腾而言, T 为叶面温度, 取平均值 32 , 按上式得出 L 为 2 425 1 J/(g ·)。森林各月的蒸腾强度不同, 见表 10:

表 10 张家沟流域森林各月蒸发强度表												g/(m ² · h)
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸腾强度	1243	2563 68	3003 9	2848 54	2330 63	1890 39	3573 62	2330 62	3418 25	1165 31	440 23	750 97

利用表 10 给出的各月森林蒸腾强度, 可计算出森林各月的蒸腾耗热量 Q (J/(m² · h)): $Q = L \times E_m$ (E_m 为蒸腾强度)

根据公式: $\Delta T = Q/g_c$
式中: ρ_c ——空气的容积热容量, 其值为 1 256 J/(m² · h) 可计算出该流域各月森林地带气温下降值 (见表 11)。

表 11 张家沟流域有林区各月气温下降值												℃
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
气温下降值	2 4 4	95 5 8	5 5	4 5 3	65 6 9	4 5	6 6 2	25 0	85 1	45		

3 5 2 森林的增湿效应 由于空气不断地湍流和对流, 使空气团之间不停地进行着水汽的扩散和交换, 现以计算森林周围 1 000 m³ 空气柱体所增加的相对湿度来反映森林的增湿效应。

绝对湿度: $\Delta a = g/(m^2 \cdot h) 1000$ (E_m 为蒸腾强度,)

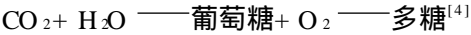
水汽压: $e = a \times T/217$ (T 为绝对温度 K)
饱和水汽压: $\ln e_s = 21. 382 - 5347. 5/T$
增加的相对湿度: $\Delta f = \Delta e/e_s \times 100\%$
得结果如下表: (见表 12)

表 12 1993 年张家沟流域各月相对湿度情况												
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$(\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$	1243	2563.7	3003.9	2848.5	2330.6	1890.4	3573.6	2330.6	3418.3	1165.3	440.23	750.97
$\Delta a/(\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$	1.243	2.56	3.003	2.848	2.331	1.890	3.573	2.331	3.418	1.165	0.44	0.751
T/K	280.9	281	287.8	293.8	296.9	301.3	304.3	299.7	295.8	292.2	288.8	282.8
$\Delta e/\text{hPa}$	1.609	3.32	3.983	3.856	3.189	2.624	5.01	3.22	4.659	1.569	0.586	0.979
E_s/hPa	10.43	10.51	16.46	24.07	29.11	37.86	45.11	34.47	27.22	21.80	17.50	11.85
$\Delta f/\%$	15.43	31.59	24.20	16.02	10.95	6.93	11.11	9.34	17.12	7.20	3.35	8.26

由上述测算可知, 森林面积的增加, 使得小流域各月的空气相对湿度都有所上升, 改善了当地的气候和农业生产条件。

3 6 光能效应

根据植物光合作用方程式, 植物在光合作用时, 利用 28 35 kJ 太阳能, 吸收 264 gCO₂ 和 108 g 水, 生产出 180 g 葡萄糖和 193 gO₂, 然后 180 g 葡萄糖转变为 162 g 多糖, 以纤维素或淀粉形式在植物体内储存。即:



据统计 1993 年张家沟流域可利用光能 20 2 kJ/a, 根据上述方程式, 在足够的 CO₂ 和 H₂O 的参与下, 流域植被 (主要是森林) 该年可生产葡萄糖 2 249 kg, 可转化为2 024 1 kg 多糖。

此外, 森林由于树冠吸收和反射太阳辐射, 使到达树冠下面的光照强度大大减弱, 根据 N. J 罗森堡研究^[4], 单片叶子对可见光吸收约 75%, 反射约 15%, 透射约 10%。这使得林区内辐射平衡减少, 乱

流交换量很小, 白天即使在强烈的太阳辐射下增温并不多, 夜间降温也不多, 气温日变幅小, 成为避暑纳凉的好地方, 这为发展旅游业提供了条件。

除了以上的几个方面, 张家沟流域的森林生态系统还具有其他的许多间接价值, 如: 冬季减轻霜冻危害, 夏季减少冰雹的可能发生; 大片林地提供野生动物栖息繁衍的场所, 野生动物又有助于植物的传粉, 促进植物之间的杂交, 丰富植物遗传多样性, 而野生动物种群不断扩大, 也会产生直接价值和间接价值。所有的这些, 都体现出该流域林地生态系统的间接价值。

4 结 语

当前, 在人们的意识当中, 森林能够为人类提供大量的用材和各种直接产品, 具有极大的直接经济价值, 但大都忽略了其间接价值。

张家沟流域在 1983~ 1993 年 10 年间共种植水

保林 256 63 hm², 据 1993 年统计资料现实, 至 1993 年为止, 共取得直接经济价值 181 万元(包括林木蓄积量和产生薪材草价值), 而据上文分析, 所取得的间接经济价值则高达 1 552 36 万元, 是直接价值的 8 58 倍。可见, 森林产生的间接经济价值才是真正巨大的。正如我们前面所讨论的一样, 森林通过它的保土、保肥、保水、降解污染物、固碳排氧、截流降水

削减洪峰等作用, 间接地为农业生产提供了良好的环境, 保护了农田以及当地群众的生命财产安全, 减少了受灾损失, 提高了作物的生长率, 通过自身的调节作用, 防治了森林和农田病虫害的发生, 带来了巨大的经济效益。所以, 任何忽略森林间接价值的做法都是不明智的。

致谢: 本文的撰写得到了导师赵纯勇教授和郭跃教授的悉心指导, 师兄何波作了大量的前期数据收集工作, 在此谨表以衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 重庆市水土保持办公室 铜梁县张家沟流域水土保持效益研究 1995, 4- 18
- [2] 薛达元 生物多样性经济价值评估 1997, 83- 104
- [3] 李树德 长江流域生态环境与可持续发展[J] 水土保持研究, 1999(4): 14- 18.
- [4] 杨士弘, 等 城市生态环境学, 1997: 77- 87.

(上接第 115 页)

有相对高的 pH 值, 在接近中性条件时磷的溶解性要高于过酸或过碱时的溶解性, 而下层土壤 pH 值有所下降, 加之土壤对速效磷的固定作用, 使得底层土壤速效磷含量极低。在沉积点中的速效磷垂直分布也具有同样的规律(图 5)。

3 结 论

根据上述结果, 可以得到: 沟谷地土壤 pH 值变化与其位置有明显的关系, 接近水体的 pH 值较高,

在沉积点特定范围内有显著的线性关系; 有机质含量在非沉积剖面中呈指数下降趋势, 而在沟谷带中含量与位置密切相关, 分布与地形一致, 最低点含量最高; 沉积点中有机质含量是呈波动性地直线下降分布, 这种分布与当地侵蚀状况密切相关; 土壤总氮与有机质有很好的线性相关关系, 分布模式也与有机质一致; 总磷含量在不同位置和深度均无显著差异, 而有效磷则不同, 变异较大, 一般是靠近地面的含量显著高于下层。

参考文献:

- [1] 张桃林 中国红壤退化机制与防治[M] 北京: 中国农业出版社, 1999
- [2] Daniel T. C., A. N. Sharpley, and J. L. Lemunyon Agricultural phosphorus and eutrophication: A symposium overview [J] J. Environ. Qual 1998, (27): 251- 257.
- [3] 中国土壤学会农业化学专业委员会 土壤农业化学常规分析方法[M] 北京: 科学出版社, 1983
- [4] 杨艳生, 史德明, 吕喜玺, 等 侵蚀劣地土壤的基本性质[M] 红壤生态系统研究(第二集)[A] 南昌: 江西科学出版社, 1993, 291- 302
- [5] 林明海, 黎娟冰, 熊国根 红壤旱地有机质转化及其培肥效果的研究[J] 土壤肥料, 1986(4): 19- 24
- [6] 文启孝 我国土壤有机质和有机肥料研究现状[J] 土壤学报, 1989, 26(3): 255- 261.
- [7] 林心雄, 文启孝, 程励励, 等 土壤中有机物质分解的控制因素研究[J] 土壤学报, 1995, 32(增刊): 41- 48
- [8] Sharpley, A. N., T. Daniel, T. Sims, J. Lemunyon, R. Stevens, and R. Parry. Agricultural phosphorus and eutrophication[M] ARS- 149 USDA - ARS, Washington, DC, 1999
- [9] Westermann, D. T., D. L. Bjerneberg, J. K. Aase, and C. W. Robbins Phosphorus losses in furrow irrigation runoff [J] J. Environ. Qual 2001, 30: 1 009- 1 015
- [10] Pote, D. H., T. C. Daniel, A. N. Sharpley, P. A. Moore, Jr., D. M. Miller, and D. R. Edwards Relationship between phosphorus levels in three Ultisols and phosphorus concentrations in runoff[J] J. Environ. Qual, 1999, 28: 170 - 175