

# 云南省元阳梯田水源区森林土壤入渗特性研究

段兴凤<sup>1</sup>, 宋维峰<sup>1</sup>, 李健<sup>2</sup>, 王龙<sup>1</sup>

(1. 西南林业大学 环境科学与工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 云南省元阳县水利局, 云南 元阳 662400)

**摘要:** 利用双环法于 2010 年 5—6 月对云南省元阳梯田水源区几种林分的土壤入渗特性及影响因子 ( 桉木林 1(I), 桉木林 2(II), 杉木林(III), 五桠果林(IV), 杉木+ 苦栎林(V), 元江栲林(VI) ) 进行原位试验。结果表明:(1) 土壤渗透性与土壤理化性质、枯落物持水能力等存在相关性。土壤渗透性与土壤非毛管孔隙度、土壤通气度、非毛管持水量呈极显著正相关, 与土壤总孔隙度、饱和持水量呈显著正相关, 与土壤容重、毛管孔隙度、毛管持水量呈显著负相关; 与土壤有机质、全 N、全 K、水解 N 呈显著正相关; 与枯落物持水量呈显著正相关。(2) 各林分土壤初始入渗率、稳定入渗率、平均入渗率存在较大差异, 土壤初始入渗率变化呈: VI> III> V> IV> II> I> 荒坡; 土壤稳定入渗率及平均入渗率变化趋势较为一致, 呈: V> III> VI> IV> II> I> 荒坡。说明了元阳梯田区森林土壤渗透性能较好, 各林分土壤渗透性指标均大于荒坡; 各林分入渗性能比较可知, 杉木+ 苦栎林和杉木林土壤渗透性能最好。

**关键词:** 土壤入渗; 林分类型; 梯田; 水源区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0047-06

中图分类号: S152.7

## Soil Infiltration Characteristics in Water Conservation Forest of Terrace in Yuanyang County of Yunnan Province

DUAN Xing-feng<sup>1</sup>, SONG Wei-feng<sup>1</sup>, LI Jian<sup>2</sup>, WANG Long<sup>1</sup>

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China;

2. Yuanyang Soil and Water Conservation Service Office of Yunnan Province, Yuanyang, Yunnan 662400, China)

**Abstract:** Soil infiltration characteristics of water conservation forest in Yuanyang terrace were studied with double-ring method under six typical plantations [*Alnus cremastogyne* (I), *Alnus cremastogyne* (II), *Cunninghamia lanceolata* (III), *Dillenia indica* Linn. (IV), *Cunninghamia lanceolata* + *Quercus cerris* (V), *Castanopsis orthacantha* Franch. (VI)] in May to June, 2010. Results showed that (1) Soil infiltration was closely related with soil physicochemical properties and litter water-holding abilities, etc. The infiltration rate was positively related with soil noncapillary porosity, aeration porosity, noncapillary capacity, total porosity, saturated water content, soil organic matter, soil total N, total K, hydrolysis N and litter water-holding ability, and negatively related with soil bulk density, capillary porosity as well as capillary moisture content. (2) There existed great difference under different vegetations for initial, steady-state and mean infiltration rate. Initial infiltration rate followed the order of VI> III> V> IV> II> I> hillsides; both steady-state and mean infiltration rate followed the order of V> III> VI> IV> II> I> hillsides. These results suggested infiltration performance in Yuanyang terrace area forest soil was good with permeability index of each plantation soil larger than waste hillsides. Soil permeability under *Cunninghamia lanceolata* and *Cunninghamia lanceolata*+ *Quercus cerris* vegetation was the best.

**Keywords:** soil infiltration; forest types; terrace; water conservation

元阳县位于云南省南部, 哀牢山脉南段, 红河南岸, 处在 102° 27' —103° 13' E, 22° 49' —23° 19' N 之间,

元阳梯田位于元阳县中部, 其核心区元阳县境内面积约 1.32 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 分布于海拔 700~ 1 800 m 之

收稿日期: 2010-11-04

修回日期: 2010-12-23

资助项目: 国家自然科学基金项目“哈尼梯田水源区森林涵养功能与梯田保水保土机理研究”(31070631)

作者简介: 段兴凤(1986—), 女(汉族), 云南省保山市人, 硕士研究生, 主要从事土壤侵蚀方面的研究。E-mail: dxfg.86@163.com。

通信作者: 宋维峰(1967—), 男(汉族), 甘肃省会宁县人, 博士, 教授, 主要从事生态环境工程和森林水文教学和研究工作。E-mail: songwf85@126.com。

间,距今已有 1 200 a 的历史<sup>[1-2]</sup>,是中国众多古代梯田的典型代表之一,是哈尼族人世代留下的杰作。千百年来,元阳梯田之所以能够自我运行,经久不衰,这与其上方茂密的森林植被具有的强大水源涵养功能密不可分。土壤水分入渗作为森林植被的主要水文过程,是反映森林涵养水源功能的重要水文参数<sup>[3]</sup>。许明祥,杨海龙等人<sup>[4-5]</sup>的研究表明,在土壤理化特性相同条件下,土壤渗透性能越好,地表径流越少,土壤的流失量也相应减少,则水源涵养能力越强。经全面踏勘元阳梯田核心区上方森林群落,林分类型主要有栎木林、杉木林、杉木+苦楝混交林、五桠果林、元江栲林。主要土壤类型是黄棕壤、黄壤。本研究以元阳梯田水源区不同林分类型为研究对象,分析探讨不同林分类型土壤入渗特性,以期为元阳森林涵养水源、保持水土的水文生态功能提供科学依据,为梯田的可持续发展服务。

## 1 研究区概况

研究区位于云南省元阳县梯田核心区上方各大水源林区,主要分布在全福庄小寨、大渔塘、多沙和勐品林区(102°44′9.4″—102°46′11.1″E, 23°4′31.3″—23°6′17.3″N)。该区属中低山丘陵地貌,海拔 1 584~1 955 m。气候属亚热带山地季风气候,年平均气温为 20.5℃,最高气温 37.5℃,最低气温 0.6℃;年降雨量为 1 500~2 000 mm;年均日照 1 820.8 h。土

壤多为黄棕壤,土壤剖面完整,土层厚度约 100 cm。该区天然林森林茂密,植物种类繁多,主要乔木树种有栎木(*Alnus cremastogyne* Burk.)、旱冬瓜(*Alnus nepalensis* D. Don)、五桠果(*Dillenia indica* Linn.)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、元江栲(*Castanopsis orthacantha* Franch.)等。主要灌木树种有臭牡丹(*Clerodendrum bungei* Steud.)、山茶(*Camellia japonica* Linn.)、国槐(*Sophora japonica*)、茶(*Camellia sinensis*)。主要草本种有鳞毛蕨(*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、荩草(*Arthraxon hispidus*)、莎草(*Schizaea digitata*)、车前草(*Plantago asiatica* L.)。

## 2 研究方法

### 2.1 样地及土壤剖面选择

全面踏勘元阳梯田核心区上方森林群落,以 6 种不同林分类型为基准布设 20 m×20 m 标准地 6 块,且在与标准地相适宜位置布设 10 m×10 m 荒坡对照地 1 块,共布设标准地 7 块,调查各样地的海拔高度、坡度、坡位、坡向、坡形等立地因子(表 1)。试验调查时间为 2010 年 5—6 月。在每块样地内代表性地段挖掘土壤剖面,并调查土壤因子。在标准地土壤剖面附近,选择一块地面完好无裂缝,地下无洞穴及大石块的地方,采用野外原位双环法测定土壤入渗特性。

表 1 样地基本情况

样地	植被类型	地点	地理坐标		海拔/ m	坡度/ (°)	树高/ m	胸径/ cm	郁闭 度	土壤 类型	土层深度/ cm	处理
			经度	纬度								
栎木林 1	常绿阔叶	全福庄小寨	102°46′11.1″	23°6′2.0″	1 955	15~26	15	28.0	0.8	黄棕壤	90—100	I
栎木林 2	常绿阔叶	全福庄小寨	102°46′10.2″	23°6′2.7″	1 937	15~25	10	8.8	0.4	黄棕壤	100—110	II 退耕还林
杉木林	针叶	大渔塘	102°44′09.4″	23°6′17.3″	1 869	10~20	15	28.0	0.5	棕壤	80—90	III
五桠果林	常绿阔叶	多沙	102°44′45″	23°5′25.1″	1 881	20	16	30.0	0.3	黄棕壤	80—90	IV
杉木+苦楝林	针阔混交	勐品	102°45′06.7″	23°4′32.1″	1 584	30	16	16.0	0.8	黄壤	50—60	V
元江栲林	常绿阔叶	勐品	102°45′08.8″	23°4′31.3″	1 616	30	19	25.0	0.7	黄壤	80—90	VI
荒草	—	全福庄小寨	102°46′10.7″	23°6′4″	1 920	25	0.1~0.5	—	0.5	黄棕壤	100—110	荒坡

### 2.2 样品采集

在挖掘好的土壤剖面内按 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm 这 3 个层次用环刀取原状土样供物理性质分析,每层取 3 个重复样。按这 3 个层次用土袋取混合土样供化学性质分析,每层取 3 个重复样。统计数据时每层取 3 个重复样的平均值。

### 2.3 土壤基本理化性质的测定

土壤基本理化性质按常规分析方法测定<sup>[6-9]</sup>。土壤容重测定采用环刀法;土壤水分测定采用恒温箱烘干法。土壤 pH 值用酸度计电位法测定;硫酸重铬酸

钾法测定有机质;全氮用浓硫酸消化,半微量开氏蒸馏法测定;碱解扩散法测定水解氮;全磷采用碱熔融,钼锑抗比色法测定;钼锑抗比色法(0.03 mol/L NH<sub>4</sub>F~0.025 mol/L HCl 浸提)测定速效磷;全钾采用碱熔融,火焰光度计法测定;火焰光度法(1 mol/L NH<sub>4</sub>AC 浸提)测定速效钾。土壤孔隙度测定<sup>[10]</sup>,总孔隙度:把环刀土样浸水 12 h(水面高与环刀上沿相齐),此时所有非毛管孔隙和毛管孔隙均充满水,称量至恒质量,按公式(1)求得饱和含水率,按公式(2)计算总孔隙度;毛管孔隙度:将测过饱和含水率的环刀

放置 12 h, 此时环刀中土壤的非毛管水已全部流出, 但土壤毛管中仍充满水, 称量至恒质量, 按公式(3)求得毛管含水率, 按公式(4)计算毛管孔隙度。

$$\text{饱和含水率} = (\text{浸泡后环刀和湿土质量} - \text{环刀和烘干土质量} / \text{烘干土质量}) \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{总孔隙度} = \text{饱和含水率} \times \text{土壤容重} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{毛管含水率} = [(\text{放置后的土质量} - \text{烘干后土质量}) / \text{烘干土质量}] \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{毛管孔隙度} = \text{毛管含水率} \times \text{土壤容重} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{非毛管孔隙度} = \text{总孔隙度} - \text{毛管孔隙度} \quad (5)$$

$$\text{土壤通气孔隙度: } Q = Q - (w \times r) \quad (6)$$

式中:  $Q$  ——土壤通气度(%);  $P$  ——总孔隙度(%);  $w$  ——自然含水率(%);  $r$  ——土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

$$\text{土壤持水量: } V = 10\,000 \times P \times D \quad (7)$$

式中:  $V$  ——土壤饱和/毛管/非毛管持水量( $\text{t}/\text{hm}^2$ );  $D$  ——土层深度(m);  $P$  ——土壤总/毛管/非毛管孔隙度(%)。

土壤渗透性能: 采用野外原位双环法测定。双环内环直径 28 cm, 高 25 cm; 外环直径 54 cm, 高 25 cm。土壤初渗速率以 1.0 min 时入渗率为标准, 稳渗速率公式<sup>[11]</sup>:

$$R_s = (0.42 \Delta h) / \Delta t (0.7 + 0.03T) \quad (8)$$

式中:  $R_s$  ——10 °C 标准水温时土壤的入渗速率( $\text{mm}/\text{min}$ );  $\Delta h$  ——某一时段  $\Delta t$  供水桶读数差值(mm);  $\Delta t$  ——时段(min);  $T$  ——某时段的平均水温(°C)。

### 2.4 数据处理

以上测定各个指标均做 3 组平行试验, 结果取其

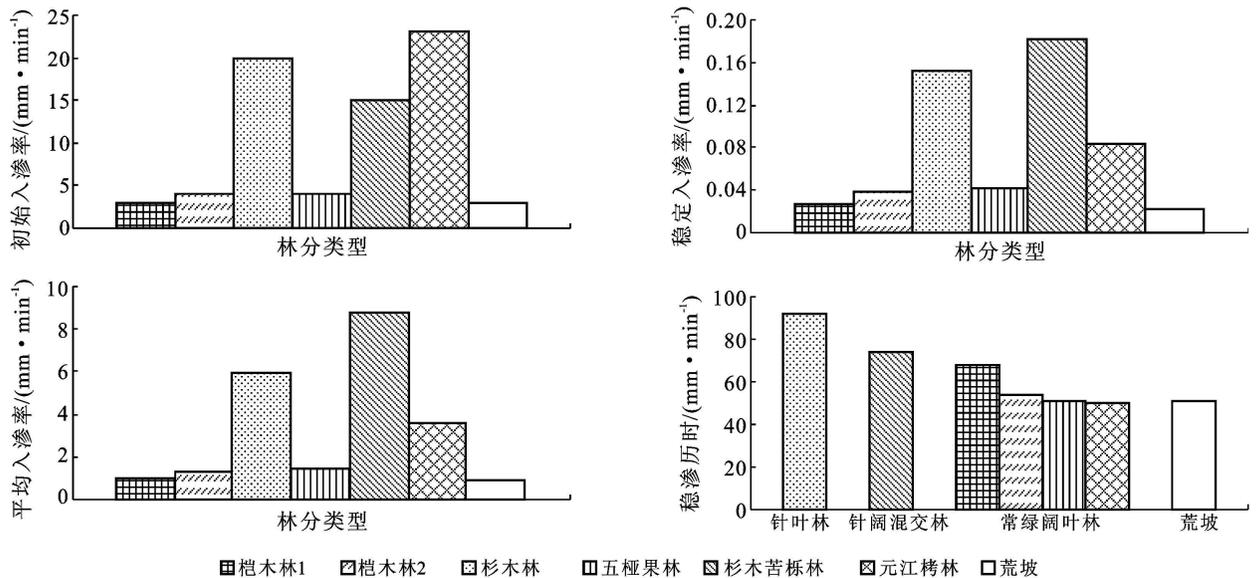


图 1 不同林分土壤渗透特性

不同林分土壤水分入渗过程, 采用数学模型(公式)进行拟合, 利用 Kostiakov 入渗公式对不同林分入渗速率随计算时间变化的实测入渗资料进行回归

平均值, 并用 Excel 和 SPSS 11.5 进行整理、统计分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同林分类型土壤入渗能力

从图 1 可知, 不同林分土壤到达稳渗速率的历时是不同的, 元阳梯田区各林分土壤达稳渗历时主要根据植被类型的差异大致呈现: 针叶林 > 针阔混交林 > 常绿阔叶林。

从图 1 还可看出, 元阳梯田区各林分土壤初始入渗率、稳定入渗率、平均入渗率存在较大差异, 初始入渗率呈: VI > III > V > IV > II > I > 荒坡, 不同林分土壤的初渗速率相差较大, 最大的 VI (元江栲林) 与最小的 I (桉木林 1) 的差值为 20  $\text{mm}/\text{min}$ ; 稳定入渗率及平均入渗率变化趋势基本一致: V > III > VI > IV > II > I > 荒坡。不同林分土壤入渗速率存有差异的主要原因是表层土壤的孔隙结构对降雨入渗起决定性作用<sup>[12]</sup>, 同时冯锦萍等人<sup>[13]</sup>的研究结果表明, 随着初始含水率的增大, 初损值降低, 初始入渗率变小, 趋于稳定入渗速率的时间变短; 土壤越干燥, 初始入渗速率越大。土壤结构由疏松变密实, 土壤水分入渗能力逐渐减小, 土壤含水率的变化引起土壤水分入渗能力变化。云南省等地 2010 年上半年遭受百年一遇特大旱灾, 表层土壤含水率下降, 土壤趋于干燥, 故初始入渗速率都较大, 而稳定入渗率主要与土壤自身的结构状况, 尤其是土壤孔隙度关系更大, 所以不同林分类型样地间的差异不如初始入渗率明显。

分析(表 2)得出, 相关系数  $R$  值 0.685 2~ 0.917 5,  $R^2$  值 0.635 4~ 0.833 5, 可知因变量入渗速率与自变量计算时间之间具有较为显著的反函数关系; 方差分

析  $F$  比为 14.78~270.59,  $F$  分布的显著性概率  $P_{\text{Signif}} = 0.0000 < 0.05$ , 说明回归效果极为显著, Kostikov 公式拟合效果较好, 可很好地模拟不同林分入渗的过程。

Kostikov 入渗公式<sup>[14]</sup>:  $f(t) = m \times t^{-n}$  (9)  
式中:  $f(t)$  ——土壤入渗速率 (mm/min);  $t$  ——入

渗时间 (min);  $m, n$  ——参数。

元阳梯田水源区森林土壤渗透性能较好, 各林分土壤渗透性指标均大于荒坡; 各林分入渗过程比较明显看出杉木苦栎林和杉木林初始入渗率、稳定入渗率、平均入渗率均大于其它林分, 其稳定入渗率  $f(c)$  明显高于其它林分, 可知其土壤渗透性能最好。

表 2 Kostikov 入渗公式回归分析拟合结果

植被类型	样地	$m$	$n$	$R$	$R^2$	$F$	sig.
常绿阔叶林	桉树林 1	0.619 7	6.559 3	0.842 2	0.690 9	71.14	0.0000
常绿阔叶林	桉树林 2	0.929 8	5.450 3	0.896 2	0.803 2	135.47	0.0000
针叶林	杉木林	4.490 3	37.348 6	0.737 7	0.667 2	52.79	0.0000
常绿阔叶林	五桠果林	0.929 2	11.616 0	0.685 2	0.635 4	14.78	0.0000
针阔混交林	杉木+苦栎林	8.256 1	10.138 0	0.713 2	0.663 4	23.60	0.0000
常绿阔叶林	元江栲林	1.654 9	21.675 7	0.917 5	0.833 5	270.59	0.0000
—	荒坡	0.365 0	5.732 5	0.819 5	0.671 5	96.07	0.0000

### 3.2 土壤物理性质与渗透性的关系

杉木苦栎林和杉木林土壤渗透性能最好, 其土壤物理特性同一层次比较非毛管孔隙度、土壤通气度、非毛管持水量、总孔隙度、饱和持水量较大; 土壤容重、毛管孔隙度、毛管持水量相对较小(表 3)。

土壤渗透性与土壤非毛管孔隙度、土壤通气度、非毛管持水量呈极显著正相关, 与土壤总孔隙度、饱和持水量呈显著正相关, 与土壤容重、毛管孔隙度、毛管持水量呈负相关(表 4)。说明土壤非毛管孔隙度

越大, 则通气性越好, 土壤的持水能力越强, 土壤的渗透性越好; 土壤容重、毛管孔隙度则越大, 土壤的渗透性越差。土壤渗透性指标与非毛管孔隙呈极显著相关, 与毛管孔隙呈显著相关, 说明非毛管孔隙比毛管孔隙对土壤渗透性的影响更大。同时可以看出, 初始入渗率与自然含水率关系极为密切, 稳定入渗率、平均入渗率主要与土壤自身的结构状况, 尤其是土壤非毛管孔隙关系更大, 而受自然含水率的影响不及初始入渗率大。

表 3 不同林分土壤物理性质

样地	土层/ cm	含水率/ %	容重/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	孔隙度/%			通气度/ %	持水量/( $t \cdot hm^{-2}$ )		
				总孔隙度	毛管	非毛管		饱和	毛管	非毛管
桉树林 1	0—20	54.34	0.66	48.23	36.02	12.21	12.21	964.62	720.35	244.27
	20—40	34.03	1.01	61.77	34.21	27.56	27.56	1 235.40	684.14	551.22
	40—60	28.01	1.24	49.58	34.85	14.73	14.73	991.60	697.01	294.59
桉树林 2	0—20	33.07	1.01	50.73	33.52	17.21	17.21	1 014.50	670.36	344.17
	20—40	36.75	1.03	50.81	37.73	13.08	13.08	1 016.20	754.57	261.59
	40—60	37.88	1.08	46.56	40.80	5.76	5.76	931.14	815.96	115.18
杉木林	0—20	38.42	0.69	58.49	26.44	32.05	32.05	1 169.70	528.72	641.00
	20—40	21.15	1.07	61.44	22.64	38.79	38.79	1 228.70	452.83	775.88
	40—60	46.39	0.76	55.24	35.36	19.88	19.88	1 104.70	707.20	397.54
五桠果林	0—20	40.63	0.86	58.22	22.57	35.65	23.38	1 164.50	451.45	713.02
	20—40	38.29	0.98	46.04	37.39	8.65	8.64	920.81	747.89	172.92
	40—60	44.04	0.94	41.77	41.18	0.58	0.58	835.34	823.68	11.66
杉木+苦栎林	0—20	26.94	0.78	51.20	20.96	30.24	30.24	1 024.00	419.18	604.84
	20—40	24.20	0.92	58.16	22.29	35.87	35.87	1 163.20	445.79	717.43
	40—60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
元江栲林	0—20	34.91	0.63	44.62	21.87	22.75	22.75	892.38	437.44	454.94
	20—40	32.98	0.73	59.52	24.19	35.34	35.34	1 190.40	483.73	706.71
	40—60	32.66	0.80	60.08	38.66	21.42	33.96	1 201.70	773.28	428.42
荒坡	0—20	39.86	0.86	49.50	34.45	15.10	25.25	990.00	689.00	302.00
	20—40	25.83	1.28	43.73	33.00	10.73	10.73	874.50	659.96	214.54
	40—60	43.27	0.93	49.99	40.33	9.67	9.67	999.84	806.51	193.33

表 4 土壤物理性质、枯落物持水能力与土壤渗透性相关系数

项目	含水率	土壤容重	孔隙度			土壤通气度	土壤持水量			枯落物持水能力	
			总孔	毛管	非毛管		饱和	毛管	非毛管	持水量	持水率
初始入渗率	-0.586**	-0.564**	0.487*	-0.554*	0.618**	0.715**	0.49*	-0.554*	0.618**	0.813**	0.487*
稳定入渗率	-0.382	-0.585**	0.469*	-0.519*	0.661**	0.668**	0.47*	-0.519*	0.661**	0.755**	0.298
平均入渗率	-0.418	-0.580**	0.438	-0.559*	0.657**	0.672**	0.44	-0.559*	0.657**	0.677**	0.402

注: \*\* 表示  $p < 0.01$  水平极显著差异, \* 表示  $p < 0.05$  水平显著差异。下同。

### 3.3 土壤化学性质与渗透性的关系

杉木苦栎林和杉木林土壤渗透性能最好, 其土壤化学特性在同一土层深度比较, 土壤有机质、全 N、全 K、水解 N 相对较大(表 5)。土壤渗透性与土壤有机质、全 N、全 K、水解 N 呈显著正相关(表 6), 土壤化学性质对土壤渗透性的影响, 主要是通过影响林木的

生长来实现的, 土壤中有有机质及 N、P、K 养分含量对林木生长发育有显著影响, 植物大量的根系吸收土壤中养分以满足自身生长发育需求, 林木生长状况不同, 土壤的孔隙状况也不同, 因而造成不同林分土壤的渗透性能不同。此外, 有机质含量多的土壤, 肥力状况好, 土壤团聚体多, 结构良好, 入渗能力也就越强。

表 5 不同林分土壤化学性质

样地	土层/cm	pH 值	有机质/%	全氮/%	全磷/%	全钾/%	水解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )
桉木林 1	0—20	5.92	2.84	0.22	0.081	1.81	178.50	3.57	12.94
	20—40	5.87	2.34	0.12	0.080	2.80	87.31	3.37	25.50
	40—60	5.77	0.61	0.02	0.071	1.17	36.72	4.13	2.67
桉木林 2	0—20	6.04	2.88	0.20	0.044	1.48	200.30	6.11	15.41
	20—40	5.98	1.74	0.10	0.049	1.43	71.40	2.95	5.17
	40—60	5.65	1.57	0.09	0.081	1.27	53.08	1.89	7.55
杉木林	0—20	5.76	7.23	0.36	0.173	2.07	222.00	15.20	28.19
	20—40	5.99	0.96	0.07	0.797	1.21	15.61	148.00	2.74
	40—60	6.35	1.41	0.08	0.233	1.54	62.77	13.60	9.81
五桠果林	0—20	5.81	3.8	0.26	0.059	2.55	195.00	4.28	31.56
	20—40	5.81	1.68	0.12	0.035	2.61	63.77	3.23	10.41
	40—60	5.61	1.26	0.08	0.040	2.53	37.53	2.20	8.31
杉木+苦栎林	0—20	5.50	4.67	0.26	0.069	3.24	178.30	7.32	13.31
	20—40	5.83	3.20	0.18	0.070	3.76	138.00	7.52	7.71
	40—60	—	—	—	—	—	—	—	—
元江栲林	0—20	5.50	7.05	0.36	0.057	1.65	279.50	8.73	44.49
	20—40	5.59	6.57	0.21	0.049	1.85	210.00	8.03	15.66
	40—60	5.55	4.99	0.21	0.046	1.92	218.00	0.55	6.49
荒坡	0—20	6.52	3.07	0.20	0.053	1.47	142.60	3.26	5.43
	20—40	6.08	0.58	0.04	0.031	0.97	16.70	3.22	11.21
	40—60	5.74	1.22	0.05	0.098	1.26	27.34	2.18	20.16

表 6 土壤化学性质与土壤渗透性相关系数

相关系数	pH 值	有机质	全 N	全 P	全 K	水解 N	速效 P	速效 K
初始入渗率	-0.296	0.652**	0.468*	0.362	0.115	0.486*	0.350	0.200
稳定入渗率	-0.144	0.379	0.338	0.443	0.486*	0.451*	0.400	-0.007
平均入渗率	-0.186	0.390	0.348	0.359	0.505*	0.463*	0.330	-0.010

### 3.4 枯落物持水能力与渗透性的关系

杉木林枯落物层积累多, 层次厚, 持水量最大(表 7), 其入渗能力强。

土壤渗透性与枯落物持水量呈显著正相关(表 4), 即枯落物层积累多, 层次厚, 分解快, 分解较彻底, 则具有孔隙多、结构好的特点, 枯落物蓄水性能良好,

土壤水分入渗快。枯枝落叶腐烂分解释放养分归还土壤,对土壤结构影响显著,一方面枯枝落叶为土壤中的动物、微生物的活动提供食物(能量),其生物活动易在土体内产生孔隙;另一方面枯枝落叶腐烂分解

后形成的腐殖质与黏粒结合形成微团聚体,使土体变得疏松透水,同时枯落物的存在和团粒结构的形成,提高了土壤表面的糙率,延缓径流,起到了增加入渗的功效。

表 7 不同林分枯落物持水量

样地	枯落物层厚度/cm			枯落物量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	持水量/(t·hm <sup>-2</sup> )			持水率/%	
	总计	未分解	半、已分解		总计	未分解	半、已分解	未分解	半、已分解
桉木林 1	3.40	2.07	1.33	9.93	17.60	3.12	14.40	95.64	216.67
桉木林 2	1.60	1.00	0.60	2.77	4.01	1.08	2.92	63.70	274.03
杉木林	4.10	3.10	1.00	14.00	24.20	4.10	20.10	99.17	203.61
五桠果林	1.40	0.80	0.60	3.30	4.83	2.77	2.06	120.20	205.95
杉木+苦楝林	1.60	1.00	0.60	2.10	4.10	1.56	2.55	137.30	263.43
元江栲林	1.90	1.10	0.80	8.40	15.50	6.29	9.19	123.30	278.53

## 4 结论

(1) 元阳梯田水源区各林分土壤初始入渗率、稳定入渗率、平均入渗率存在较大差异。初始入渗率:元江栲林>杉木林>杉木苦楝林>五桠果林>桉木林 2>桉木林 1>荒坡;稳定入渗率及平均入渗率变化趋势基本一致:杉木苦楝林>杉木林>元江栲林>五桠果林>桉木林 2>桉木林 1>荒坡。说明元阳梯田水源区森林土壤渗透性能较好,各林分土壤渗透性指标均大于荒坡;各林分入渗性能比较可知,杉木苦楝林和杉木林土壤渗透性能最好。

(2) 土壤渗透性与土壤理化性质、枯落物持水能力等存有相关性:与土壤非毛管孔隙度、土壤通气度、非毛管持水量呈极显著正相关,与土壤总孔隙度、饱和持水量呈显著正相关,与土壤容重、毛管孔隙度、毛管持水量呈显著负相关;与土壤有机质、全 N、全 K、水解 N 呈显著正相关;与枯落物持水量呈显著正相关。

(3) 森林涵养水源功能主要靠森林和土壤共同结合起来发挥作用,只有同时具备良好的森林植被和深厚的土壤,才会具有较大的水文生态功能和较高的水文生态效益。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] 解明曙,庞薇.水土保持系统工程是我国山丘区建设新农村的生命线工程[J].中国水土保持,2007(5):5-8.  
[2] 角缓梅.哈尼梯田文化景观及其保护研究[J].地理研究,2002,21(6):733-741.

[3] 王兵,魏文俊.宁夏六盘山不同森林类型土壤贮水与入渗研究[J].内蒙古农业大学学报,2006,27(3):125.  
[4] 许明祥,刘国彬,卜崇峰,等.圆盘入渗仪法测定不同利用方式土壤渗透性试验研究[J].农业工程学报,2002,18(4):54-58.  
[5] 杨海龙,朱金兆,毕利东.三峡库区森林流域生态系统土壤渗透性能的研究[J].水土保持学报,2003,7(3):63-65.  
[6] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:科学技术出版社,1978.  
[7] 严昶升.土壤肥力研究方法[M].北京:农业出版社,1987.  
[8] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室.土壤物理性质测定法[M].北京:科学出版社,1978.  
[9] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室.GB/7848-1987 森林土壤全氮的测定[S].北京:中国标准出版社,1999.  
[10] 王艳红,宋维峰,李财金.不同竹林地土壤水分入渗研究[J].水土保持研究,2009,16(2):165-168.  
[11] 李智广.水土流失测验与调查[M].北京:中国水利水电出版社,2005.  
[12] 周金龙,董新光,王斌.新疆平原区降水入渗补给地下水研究[J].西北水资源与水工程,2002,13(4):10-14.  
[13] 冯锦萍,樊贵盛.土壤水分入渗年变化特性的试验研究[J].太原理工大学学报,2003,34(1):16-19.  
[14] Kostiakov A N. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for purposes of a melioration [J]. Soil Science, 1932, 97(1): 17-21.