

# 广西龙脊梯田区森林枯落物水文效应研究

王 龙<sup>1</sup>, 宋维峰<sup>1</sup>, 杨寿荣<sup>1</sup>, 张 淼<sup>2</sup>, 李阳芳<sup>1</sup>

(1. 西南林业大学 环境科学与工程学院, 昆明 650224; 2. 西南林业大学 人文学院, 昆明 650224)

**摘 要:**以广西龙胜县龙脊梯田水源区 5 种天然次生林(I)毛竹冬青林、(II)杉木毛竹林、(III)杉木石栗林、(IV)密花马尾松林、(V)杉木马尾松林为研究对象,采用野外调查与室内浸泡的方法,探究 5 种林分枯落物的水文作用。结果表明:各林分枯落物厚度在 3.4~5.8 cm 之间,储量范围为 13.43~29.60 t/hm<sup>2</sup>。5 种林分枯落物最大持水率范围在 580.46%~725.90%之间,可有效拦截降雨为 0.89~2.23 mm。各林分枯落物水文功能杉木马尾松林>杉木石栗林>密花马尾松林>毛竹冬青林>杉木毛竹林。研究表明龙脊梯田水源区杉木马尾松林水文作用最强。

**关键词:**枯落物层;水文效应;龙脊梯田区

中图分类号:S715

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0084-05

## Hydrological Effects of Forest Litters Layer in Longji Terrace

WANG Long<sup>1</sup>, SONG Wei-feng<sup>1</sup>, YANG Shou-rong<sup>1</sup>, ZHANG Miao<sup>2</sup>, LI Yang-fang<sup>1</sup>

(1. Department of Environmental Sciences and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

2. Department of Humanities and Social Science, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** Based on the combination of field observation and analysis on experimental data, a study on hydrological effects of litter layer was conducted in five kinds of forest stands: (I) *Phyllostachys edulis* + *Ilex chinensis*, (II) *Cunninghamia lanceolata* + *Phyllostachys edulis*, (III) *Cunninghamia lanceolata* + *Alacrities moluccana*, (IV) *Rapanea nerii folia* + *Pinus massoniana*, (V) *Cunninghamia lanceolata* + *Pinus massoniana* in Longji Terrace. The result shows: the thickness in different forest stands litter layer ranges from 3.4 to 5.8 cm, the storage of litter in different forests ranges from 13.43 to 29.6 t/hm<sup>2</sup>, the maximum water holding capacity varies from 580.46% to 725.90%, equivalent to 0.89 to 2.23 mm of rainfall. The hydrological effects are V>III>IV>I>II. The *Cunninghamia lanceolata* + *Pinus massoniana* has the most significant hydrological effect in Longji terrace.

**Key words:** forest litter; hydrological effect; Longji terrace

森林枯落物是森林生态系统的重要组成部分,是森林水文效应的第二活动层,在截持降水、防止土壤溅蚀、阻延地表径流、抑制土壤水分蒸发、增强土壤抗冲性等方面具有重要意义<sup>[1-3]</sup>。国内外许多学者在不同区域对多种森林类型下的枯落物特性作了研究,在枯落物的凋落量、凋落动态、分解速率、截持降水、影响地表径流和土壤侵蚀机理等方面都取得了一定成果<sup>[4]</sup>。但对于龙脊梯田区森林枯落物水文效应的研究相对较少。龙脊梯田森林生态系统以天然次生阔叶林为主体,国内对于该区的研究主要集中在生态旅游、民族人文等方面,而对梯田区森林水文功能的研究则相对较少。本文主要针对龙脊梯田区的 5 种不同混交林(毛竹冬青林、杉木毛竹林、杉木石栗林、密

花马尾松林、杉木马尾松林)的枯落物层的厚度、储量、持水能力等做了系统的定量研究,探究不同杉木林的枯落物水文作用,以期为该区域森林枯落物涵养水源的功能评价提供理论基础和科学依据。

### 1 研究区概况

龙脊梯田位于广西龙胜县和平乡,距龙胜县城 30 km,梯田区面积 66 km<sup>2</sup>,最高海拔 1 850 m,最低海拔 300 m。梯田多位于海拔 300~1 100 m 山坡上,坡度 26°~35°。梯田区地处中亚热带季风气候区。夏季呈东南风,冬季多西北风,风力一般 1—3 级。气候受季风影响,四季分明。山地气候明显。年平均气温 14.4~16.9℃,最热月(7 月)平均气温 25.4℃,最高气温

收稿日期:2011-05-17

修回日期:2011-07-12

资助项目:国家自然科学基金项目(31070631)

作者简介:王龙(1986—),男,陕西府谷县人,硕士,主要从事森林水文效应研究。E-mail:fgwanglong@163.com

通信作者:宋维峰(1967—),男,甘肃会宁人,教授,博士,主要从事森林水文和生态环境研究工作。E-mail:songwf85@126.com

32℃,最冷月(1月)平均气温7.1℃,最低气温-6℃,年降雨量1600~1733mm,年均日照时数1225.7h,总积温3198℃,平均无霜期290d。梯田区土壤为红壤、黄红壤、黄壤,呈垂直分布。海拔500m以下为红壤,500~800m为黄红壤,800m以上为黄壤。梯田区森林属中亚热带常绿植被区,有乔、灌、草本植物种类千余种。梯田区内植物生长茂盛,受地形和气候影响,呈垂直分布。海拔800~1300m以阔叶树为主,松杉等经济林为辅,海拔300~800m为杉树、马尾松、油茶、油桐、毛竹及众多阔叶林种<sup>[5-8]</sup>。

表 1 不同林分标准地概况

林分类型	海拔/m	坡向	坡度/(°)	乔木层		灌木层	草本层
				胸径/cm	树高/m		
毛竹、冬青天然次生林	650	SE	45	10	10	红花檵木、常山	芒萁、荩草
杉木、毛竹天然次生林	873	NE	62	17	10	安息香、茜草	芒萁
杉木、石栗天然次生林	875	NE	85	18	9	木姜子、海桐	狗脊蕨、耳草
密花、马尾松天然次生林	1045	NW	115	8	6	野柿树、茶	芒萁、菝葜
杉木、马尾松天然次生林	1095	SE	25	12	9	山矾、海桐	芒萁

## 2.2 枯落物储量测定

在标准地内沿对角线方向布设1m×1m的样方5个,在样方内,随机选择10个点,用钢尺测定枯落物未分解层和半分解层的层厚度及总厚度,并取其平均值<sup>[9]</sup>;并按未分解层和半分解层分别取样。同时迅速称其生物量,即得该林分样地单位面积的枯落物储量。

## 2.3 枯落物含水量与持水能力

采用室内浸泡法测定枯落物的持水量。将取回的枯落物样在85℃下烘干后称重,测定其干重,将烘干称重后的枯落物样品分别装入尼龙袋,在清水中浸泡24h后称重,计算各林型枯落物未分解层和半分解层的自然含水率、最大持水率、最大持水量和有效持水量<sup>[10]</sup>。计算公式为:

$$R_o = (G_o - G_d) / G_d \times 100\% \quad (1)$$

$$R_{hmax} = (G_{24} - G_d) / G_d \times 100\% \quad (2)$$

$$R_{sv} = 0.85R_{hmax} - R_o \quad (3)$$

$$W_{hmax} = R_{hmax} \times M / 10 \quad (4)$$

$$W_{sv} = R_{sv} \times M / 10 \quad (5)$$

式中: $G_o, G_d, G_{24}$ ——枯落物样品自然状态的重量、烘干状态的重量和浸水24h后的重量(kg); $R_o, R_{hmax}, R_{sv}$ ——枯落物自然含水率、最大持水率、有效持水率(%); $M, W_{hmax}, W_{sv}$ ——枯落物层储量(t/hm<sup>2</sup>)、最大持水量(mm)和有效持水量(mm)。

## 2.4 枯落物有效拦蓄量的测定

有效拦蓄量用来估算枯落物对降雨的实际拦蓄量,据雷瑞德的研究,当降雨量达到20~30mm以

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置

2010年6月下旬,通过对龙脊梯田水源区调查分析,结合区域内海拔、林分类型以及在区域的分布情况,在地理坐标东经110°06′-110°07′,北纬25°45′-25°46′之间,选取毛竹冬青天然次生林、杉木石栗林等5种林分类型为研究对象,在5种林分类型的典型地段设置面积为20m×20m的标准地5个,其基本情况见表1。

后,不论哪种植被类型的枯落物层及其含水量高低,实际持水率约为最大持水率的85%左右<sup>[11]</sup>。所以取调整系数0.85来估算枯落物层的有效拦蓄量即:

$$W = (0.85R_{hmax} - R_o)M \quad (6)$$

式中: $W$ ——有效拦蓄量(t/hm<sup>2</sup>); $R_{hmax}$ ——最大持水率(%); $R_o$ ——平均自然含水率(%); $M$ ——枯落物储量(t/hm<sup>2</sup>)。

## 3 结果与分析

### 3.1 枯落物层厚度及储量

将研究区样地的枯落物分未分解层和分解层层取样后,测定各部分平均厚度。估算各林分类型的枯落物储量,结果见表2。

3.1.1 不同林分类型枯落物储量及厚度 由表2可知,各林分类型枯落物层储量差异较大,总体储量范围在13.43~29.6t/hm<sup>2</sup>之间。其中在海拔883m的杉木天然次生林储量最少为13.43t/hm<sup>2</sup>,密花树天然次生林为25.68t/hm<sup>2</sup>,毛竹天然次生林为18.52t/hm<sup>2</sup>。并且从枯落物各层次的储量来看,各林分类型呈现出未分解层储量始终小于半分解层储量的相同规律。其中海拔875m的杉木林半分解层占总储量的62.57%。它是未分解层的1.67倍之多。

比较不同林分类型的枯落物厚度,基本呈未分解层>半分解层。枯落物厚度范围为3.4~5.8cm。其中未分解层范围为1.9~3.3cm,半分解层范围为1.5~2.7cm。不同植被类型枯落物,毛竹天然次生林林厚度最低,总厚度为3.4cm,未分解层厚度1.9cm,半分解层厚度为1.5cm。

表 2 不同森林类型林下枯落物储量

林分 类型	总储量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	未分解层			半分解层		
		厚度/cm	储量/(t·hm <sup>-2</sup> )	占总储量/%	厚度/cm	储量/(t·hm <sup>-2</sup> )	占总储量/%
毛竹、冬青林	18.52	1.9	8.72	47.08	1.5	9.8	52.92
杉木、毛竹林	13.43	2.4	6.68	49.74	1.7	6.75	50.26
杉木、石栗林	26.72	2.4	10.00	37.43	2.7	16.72	62.57
密花、马尾松林	25.68	2.9	10.16	39.56	2.3	15.52	60.44
杉木、马尾松林	29.60	3.3	11.60	39.19	2.5	18.00	60.81

分析不同林分类型枯落物的平均厚度及枯落物平均储量,两者都表现为随海拔升高而不断增大的趋势。同时不同林分类型枯落物储量(13.43~29.6 t/hm<sup>2</sup>)随枯落物厚度(3.4~5.8 cm)的增加而不断增加,呈现出简单的正相关关系。

3.1.2 相似林分类型枯落物储量及厚度 本次研究中根据不同的海拔高度,选取相似林分类型、郁闭度相似、林下植被不同的杉木林样地来调查枯落物的储量和厚度的变化情况。

分析 3 种海拔不同,林分类型相似的样地枯落物储量和厚度。三种枯落物的厚度和储量在海拔 873~1 095 m 时,随海拔高度的递增,二者都不同程度的增加。海拔、林分的树种组成不同、林分的生长状况、林下植被、林地内的水热条件等都有所不同,而这些因素将影响到枯落物的输入量、分解速度,从

而影响到林内枯落物的储量。可见三种杉木林枯落物的枯落物源在其储量和厚度变化规律中起重要作用。

### 3.2 枯落物层持水能力与持水量

枯落物层的持水能力是整个森林生态系统水循环中的重要一环,是反映枯落物层水文作用的一个重要指标。枯落物的持水指标一般包括持水量、持水率、拦蓄量、拦蓄率等<sup>[4]</sup>。一般认为枯落物持水能力与枯落物的储量、前期的含水量、枯落物的质量包括形成枯落物的前期物质、枯落物的分解程度等、降雨特点以及其他因子有关。

3.2.1 不同林分类型枯落物自然持水性能 龙脊梯田区各林分类型枯落物层的自然持水率范围在 360.96%~452.13%(见表 3),混交林中杉木、马尾松天然次生林落物层的自然持水率最大,达到 452.13%。

表 3 不同林分类型枯落物自然持水能力

林分 类型	储量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	相当于水深/ mm	自然持水量/(t·hm <sup>-2</sup> )			自然持水率/%		
			未分解层	半分解层	总和	未分解层	半分解层	平均
毛竹、冬青林	18.52	0.31	1.4	1.65	3.05	175.57	200.36	187.97
杉木、毛竹林	13.43	0.43	2.02	2.28	4.30	154.26	206.70	180.48
杉木、石栗林	26.72	0.46	1.56	3.02	4.58	167.22	270.67	218.95
密花、马尾松林	25.68	0.44	1.56	2.86	4.42	157.74	275.08	216.41
杉木、马尾松林	29.6	0.52	1.82	3.36	5.18	155.07	297.06	226.07

比较不同植被类型,5 个不同林分中杉木马尾松天然次生林落物层的自然持水量最大,达到 5.18 t/hm<sup>2</sup>。相当于水深 0.52 mm。其自然持水量大小依次是杉木马尾松林(5.18 t/hm<sup>2</sup>)>杉木石栗林(4.58 t/hm<sup>2</sup>)>密花马尾松林(4.42 t/hm<sup>2</sup>)>杉木毛竹林(4.30 t/hm<sup>2</sup>)>毛竹冬青林(3.05 t/hm<sup>2</sup>)。

从表 3 中可以看出,相似林分类型的杉木林随着海拔从 873 m 增大到 1 095 m,储量也从 13.43 t/hm<sup>2</sup> 增加到 29.6 t/hm<sup>2</sup>,在这一过程中自然持水率也从 360.96%增大到 452.13%。可见林分的树木组成是影响龙脊梯田区林分自然持水性能最大的因子。如果是相似或者相同的林分,它的自然持水率的大小则与储量的多少有关。

3.2.2 不同林分类型枯落物最大持水性能 龙脊梯田区不同林分类型森林枯落物最大持水能力有所不

同。枯枝落叶层一般吸持水量可达自身干重的 2~4 倍,各种森林枯落物最大持水率平均为 322.70%(表 4)。

从表 4 中可以看出毛竹冬青林的最大持水量最小为 5.06 t/hm<sup>2</sup>,相当于 0.51 mm 的降雨水深,其中半分解层所占比例较大为 51.38%。最大持水量的大小依次为杉木马尾松林 8.14 t/hm<sup>2</sup>>杉木毛竹林 7.05 t/hm<sup>2</sup>>杉木石栗林 6.76 t/hm<sup>2</sup>>密花林马尾松林 6.56 t/hm<sup>2</sup>>毛竹冬青林 5.06 t/hm<sup>2</sup>。分别是各林分自然持水量的 1.66 倍、1.64 倍、1.48 倍、1.48 倍、1.57 倍。

枯落物的最大持水率与枯落物的组分和林下微环境有关,同枯落物的分解状况和发育状况亦有一定关系。一般来说,枯落物层积累多,层次厚,分解快,分解较彻底,则具有孔隙多、细、小、吸水面大的特点,因而表面张力亦较大,其蓄水性能良好<sup>[3-4]</sup>。最大持

水率分别为海拔 1 095 m 的杉木林 725.90%、海拔 875 m 的杉木林 646.76%、毛竹林 637.06%、密花林 636.86%、海拔 873 m 的杉木林 580.46%。可见这 5 种林分最大可吸收其自身重量的 7.26 倍、6.47 倍、6.37 倍、6.37 倍、5.80 倍的降雨。虽然毛竹林的最大持水量最小,但它的最大持水率较大,因此仍能维

持其较高的蓄水功能。以上结果表明:各林分类型枯落物层的最大持水率、最大持水量和有效持水量呈现不同的规律,分析原因,主要由于森林枯落物层的持水能力不仅与植被类型、树种组成、枯落物本身的厚度和性质、分解状况有关,还与单位面积的持水量及其储量有关。

表 4 不同林分类型枯落物最大持水能力

林分 类型	储量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	相当于水深/ mm	最大持水量/(t·hm <sup>-2</sup> )			最大持水率/%		
			未分解层	半分解层	总和	未分解层	半分解层	平均
毛竹、冬青林	18.52	0.51	2.46	2.6	5.06	315.00	322.05	318.53
杉木、毛竹林	13.43	0.71	3.5	3.55	7.05	267.21	313.25	290.23
杉木、石栗林	26.72	0.68	2.7	4.06	6.76	291.67	355.08	323.38
密花、马尾松林	25.68	0.66	2.58	3.98	6.56	256.90	379.96	318.43
杉木、马尾松林	29.60	0.81	3.38	4.76	8.14	302.00	423.89	362.95

3.2.3 不同分解程度枯落物层持水能力比较 由于枯落物的分解程度影响枯落物层的持水能力,分解程度越高,半分解层枯落物量越大,枯落物层的持水能力越高。结合表 3 和表 4 发现龙脊梯田区各林分类型的不同分解层次的枯落物持水性能不同。半分解层的枯落物持水性能明显好于未分解层。

5 种不同林分毛竹冬青林、杉木毛竹林、杉木石栗林、密花马尾松林、杉木马尾松林枯落物的平均自然持水率分别为 187.97%、180.48%、218.95%、216.41%、226.07%。其中半分解层的持水率都明显高于未分解层。其中杉木马尾松林半分解层自然持水率 297.06%,是未分解层 155.07%的 1.91 倍之多。

从最大持水率来看 5 种不同林分毛竹冬青林、杉木毛竹林、杉木石栗林、密花马尾松林、杉木马尾松林枯落物的半分解层持水率也是高于未分解层的最大

持水率。其中密花马尾松林半分解层最大持水量 379.96%,约是未分解层 256.90%的 1.5 倍。

综合分析枯落物的不同分解层,自然持水率的变化幅度大于最大持水率的变化幅度,最大持水率在不同林分的枯落物两层次中变化幅度比较小并且相对自然持水率比较平均。

### 3.3 枯落物层有效拦蓄能力

最大持水量并不代表枯落物对降雨的截留量,它只能反映枯落物层的持水能力大小,用最大持水率来估算枯落物层对降雨的拦蓄能力则偏高,不符合它对降雨的实际拦蓄效果,有效(或净)截留量才是反映枯落物对一次降水拦蓄的真实指标,其与枯落物数量、水分状况、降雨特性有关。枯枝落叶层吸持水能力的大小与森林流域产流机制密切相关,不同林分类型下、不同层次枯落物的拦蓄能力不同(表 5)。

表 5 不同林分枯落物有效拦蓄能力

枯落物层	林分类型	储量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	自然含水率/ %	最大持水率/ %	有效拦蓄率/ %	有效拦蓄量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	相当于水深/ mm
未分解层	毛竹、冬青林	8.72	175.57	315.00	92.18	8.04	0.80
	杉木、毛竹林	6.68	154.26	267.21	72.87	4.87	0.49
	杉木、石栗林	10.00	167.22	291.67	80.70	8.07	0.81
	密花、马尾松林	10.16	157.74	256.90	60.63	6.16	0.62
	杉木、马尾松林	11.6	155.07	302.00	101.63	11.79	1.18
半分解层	毛竹、冬青林	9.8	200.36	322.05	73.38	7.19	0.72
	杉木、毛竹林	6.75	206.70	313.25	59.56	4.02	0.40
	杉木、石栗林	16.72	270.67	355.08	31.15	5.21	0.52
	密花、马尾松林	15.52	275.08	379.96	47.89	7.43	0.74
	杉木、马尾松林	18.00	297.06	423.89	63.25	11.38	1.14

从有效拦蓄率看,未分解层和半分解层呈不同的变化规律,未分解层有效拦蓄率密花马尾松林<杉木毛竹林<杉木石栗林<毛竹冬青林<杉木马尾松林。半分解层有效拦蓄率的变化规律则为杉木石栗林<密花马尾松林<杉木毛竹林<杉木马尾松林<毛竹

冬青林。由于不同林分枯落物的储量不同,有效拦蓄量和有效拦蓄量水深的变化规律也不尽相同,未分解层中,杉木马尾松林的有效拦蓄能力最强,为 11.79 t/hm<sup>2</sup>,相当于拦蓄 1.18 mm 的降雨,依次分别为杉木马尾松林 1.18 mm、杉木石栗林 0.81mm、毛竹冬青

林 0.80 mm、密花马尾松林 0.62 mm、杉木毛竹林 0.49 mm;半分解层有效拦蓄量的变化规律则为杉木毛竹林<杉木石栗林<毛竹冬青林<密花马尾松林<杉木马尾松林。综合未分解层和半分解层的变化规律可知,5种林分中杉木马尾松林的拦蓄能力最强。在这5种枯落物中杉木马尾松林的总有效拦蓄量表现为最大,这对营造水土保持林、选择相应树种提供了参考依据。

#### 4 结论与讨论

(1)各林分类型枯落物厚度范围为 3.4~5.8 cm,枯落物储量范围为 13.43~29.6 t/hm<sup>2</sup>。各林分类型枯落物厚度基本是未分解层>半分解层,但储量却呈现出未分解层始终小于半分解层的规律。同时随枯落物厚度的增加而不断增加,枯落物的厚度与储量呈现出简单的正相关关系。

(2)各林分类型枯落物层的最大持水率范围为 580.46%~725.90%(是自然含水率的 1.47~1.69 倍)。5种林分最大可吸收其自身重量的 5.80~7.26 倍的降雨。最大持水量范围 8.14~5.06 t/hm<sup>2</sup>。不同植被类型各枯落物层平均最大持水量依次是杉木马尾松林>杉木毛竹林>杉木石栗林>密花马尾松林>毛竹冬青林。分别相当于 0.81,0.71,0.68,0.66,0.51 mm 的降雨水深。

各林分类型中,均以半分解层所占枯落物总储量的比重最大,半分解层的自然含水率和最大持水率也均高于未分解层。其中,储量差异最明显的是杉木石栗林,其半分解层所占比重为 62.57%。但从各分解层蓄水功能上看,自然持水率差异最大的是杉木马尾松林,它半分解层自然持水率是未分解层的 1.91 倍之多;最大持水量差值最大的是密花马尾松林,其半分解层最大持水率约是未分解层的 1.5 倍。

(3)不同林分枯落物对降雨的有效拦蓄量,毛竹冬青林可有效拦蓄 1.52 mm 的降雨、杉木毛竹林 0.89 mm、杉木石栗林 1.33 mm、密花马尾松林 1.36 mm、杉木马尾松林 2.32 mm 的降雨,不同层次枯落物的拦蓄能力不同,从有效拦蓄率看,未分解层和半分解层呈不同的变化规律。未分解层有效拦蓄率总体为密花马尾松林<杉木毛竹林<杉木石栗林<毛竹冬青林<杉木马尾松林。半分解层有效拦蓄率的变化规律则为杉木石栗林<密花马尾松林<杉木毛竹林<杉木马尾松林<毛竹冬青林。在 5 种林分枯落物中杉木马尾松林的拦蓄能力最强,从总体趋势看它的总有效拦蓄降雨量优于其它 4 种枯落物。

(4)对于龙脊梯田区对应海拔为 873,875,1 095 m 的 3 种杉木林分(杉木毛竹林,杉木石栗林,杉木马尾松林)。随着海拔的升高,枯落物厚度呈升高趋势;枯落物的储量也不断增大;枯落物的自然持水率、最大持水率以及枯落物对降雨的有效拦蓄量也随之增大。并且枯落物各分解层次表现出一致的规律。由此看来,混交林中伴生树种对优势种枯落物的水文性能影响具有局限性。

(5)各林分类型枯落物层的最大持水率、最大持水量和有效持水量呈现不同的规律,枯落物层持水能力不仅与相应林分的气候有关,更决定于林分植被类型、树种组成、枯落物本身的厚度和性质、分解状况、单位面积的持水量及其储量<sup>[12]</sup>。即枯落物的持水性决定于形成枯落物的枯落物源的质量。

#### 参考文献:

- [1] 吴钦孝,赵鸿雁,刘向东,等.森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J].水土保持学报,1998,4(2):23-28.
- [2] 陈奇伯,解明曙,张洪江.森林枯落物影响地表径流和土壤侵蚀研究动态[J].北京林业大学学报,1994,16(增刊):88-97.
- [3] 胡淑萍,余新晓,岳永杰.北京百花山森林枯落物层和土壤水文效应研究[J].水土保持学报,2008,22(1):146-150.
- [4] 张振明,余新晓,牛健植,等.不同林分枯落物层的水文生态功能[J].水土保持学报,2006,19(3):139-143.
- [5] 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.
- [6] 龙胜县志编撰委员会.龙胜县志[M].上海:汉语大词典出版社,1992.
- [7] 岑先梅,杜俊义,徐娟玲.广西龙脊景区生态旅游资源评价[J].广西轻工业,2009(6):132-137.
- [8] 成官文,王敦球,秦立功,等.广西龙脊梯田景区生态旅游开发的生态环境保护[J].桂林工学院学报,2002,1(1):94-98.
- [9] 潘紫重,杨文化,曲银鹏.不同林分类型枯落物的蓄水功能[J].东北林业大学学报,2002,30(1):19-21.
- [10] 丁绍兰,杨乔梅,赵串串,等.黄土丘陵区不同林分类型枯落物层及其林下土壤持水能力研究[J].水土保持学报,2009,23(5):104-110.
- [11] 时忠杰,王彦辉,徐丽红,等.六盘山主要森林类型枯落物的水文功能[J].北京林业大学学报,2009,31(1):91-99.
- [12] 王艳红,宋维峰,李财金.不同竹林枯落物层水文生态效应研究[J].陕西农业科学,2009(1):31-34.