

北部湾经济区枯落物及其林下土壤持水能力研究

曾丹娟, 徐广平, 黄玉清, 莫凌, 张中峰, 何成新, 李先琨

(广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

摘要:通过对北部湾经济区 5 个典型生态系统的枯落物和土壤持水性能进行的研究, 结果表明: 枯落物累积量为防城港>十万山>大明山>药用植物园>金花茶保护区; 最大持水率为药用植物园>大明山>金花茶保护区>十万山>防城港; 最大持水量为大明山>十万山>金花茶保护区>药用植物园>防城港; 0—20 cm 土壤的总孔隙度和毛管孔隙度是大明山>十万山>药用植物园>金花茶保护区>防城港, 大明山的毛管持水量和最大持水量都最大, 分别达到了 882.6, 954.9 g/kg, 防城港最低, 只有 231.3, 269.0 g/kg。

关键词:北部湾经济区; 枯落物; 持水性能; 土壤物理性质

中图分类号: S714

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)04-0210-04

Study on Different Forest Litter and Soil Water-holding Capacity in Guangxi North Gulf Economic Zone

ZENG Danjuan, XU Guangping, HUANG Yuqing, MO Ling,
ZHANG Zhongfeng, HE Chengxin, LI Xiankun

(Guangxi Key Laboratory of Plant Conservation and Restoration Ecology in Karst Terrain, Guangxi
Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi 541006, China)

Abstract: Through the study on litter and soil water-holding capacity 5 representative ecosystems in Guangxi North Gulf Economic Zone, the results showed that the accumulation amount of litter was in the order of Fangchenggang>Shiwanshan>Damingshan>Medicinal Herb Garden>Yellow Camellia Natural Reserve; the maximum water-holding rate was in the order of Medicinal Herb Garden>Damingshan>Yellow Camellia Natural Reserve>Shiwanshan>Fangchenggang; the maximum water-holding capacity was in the order of Damingshan>Shiwanshan>Yellow Camellia Natural Reserve>Medicinal Herb Garden>Fangchenggang. The total porosity and capillary porosity in 0—20 cm soil were in the order of Damingshan>Shiwanshan>Medicinal Herb Garden>Yellow Camellia Natural Reserve>Fangchenggang. The capillary and the maximum water-holding capacity were largest in Damingshan, reaching to 882.6 g/kg and 954.9 g/kg, respectively, while the lowest ones were only 231.3 g/kg and 269.0 g/kg in Fangchenggang.

Keywords: North Gulf Economic Zone; litter; water-holding ability; physical characteristics of soil

森林枯落物层是森林生态系统的重要组成部分, 是森林水文效应的第二个层次, 它通过对地表的覆盖, 一方面消弱雨滴对土壤的直接溅击, 另一方面吸收一部分降水, 减少了到达土壤表面的降水量^[1-3]; 枯落物层结构疏松, 具有良好的透气性和持水能力, 而且增加了地表的粗糙度和径流阻力, 减缓了地表径流速度, 从而明显地降低了径流侵蚀力^[4-6]。因此枯落物层在森林涵养水源和水土保持过程中发挥着十分重要的作用。而森林枯落物层厚度、累积量及其持水性能与森林水土保持和涵养水源功能有着紧密联系,

通过对森林凋落物厚度、累积量和持水性能的研究, 将有助于对森林水土保持和涵养水源机理的深入认识, 也有利于水源涵养林和水土保持林的可持续经营管理。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^[7-13], 但对北部湾经济区不同林分枯落物水文生态功能的研究甚少。本文主要针对北部湾经济区 5 个典型生态系统的枯落物层蓄积量、持水能力以及枯落物覆被下的表层土壤物

理性质进行了定量研究分析,对枯落物水文效应的研究具有重要意义,以期为该区域森林涵养水源的功能评价提供理论基础和科学依据。

1 研究区概述

大明山地理位置为 23°10′—23°38′N,108°18′—108°45′E。年平均温度为 14~19℃,最低温度为-8℃。年平均降水量 2 511.0 mm,丰水年达 2 827.4 mm。生长着以银荷木(*Schima argentea*)、甜槠(*Castanop siseyrei*)、米椎(*Castanopsis carlesii*)、罗浮栲(*Castanopsis fabri*)、华南石栎(*Lithocarpus fenestratus*)和栲树(*Castanopsis fargesii*)为主要群落的常绿阔叶林^[14]。

防城港西湾地处 21°31′00″—21°37′30″N,108°00′30″—108°19′30″E,属南亚热带海洋季风气候,年平均气温 22.5℃,极端最高气温 37.8℃,极端最低气温 1.8℃,年平均降雨量 2 220.5 mm^[15]。

广西防城金花茶国家级自然保护区地理坐标是 108°07′04″—108°07′25″E 和 21°45′04″—21°45′15″N,

地处十万大山的蓝山支脉,属北热带季风气候区,总面积 9 195.1 hm²,年日照时数为 1 525 h,年均气温 21.9℃,年均降雨量 2 900 mm 以上,生长着以热带季雨林为主的地带性植被^[16]。

十万大山国家级自然保护区位于桂西南,地理座标为 107°29′59″—108°13′11″E,21°40′03″—22°04′18″N,总面积 58 277 hm²。十万大山处于中国东部北热带季风区,气候温暖,保护区年均气温 21.1~21.8℃,极端最高温 9.1℃,最低温-1.9℃,年均气温在 20.0~21.8℃,最冷月(1 月)均温 12.5~13.1℃,最热月(7 月)均温 28.0~28.2℃,≥0℃活动积温达 7 700~7 900℃,热量在东南坡稍高于西北坡。由于主山脉呈东西走向,东南坡面向海洋,迎临海上东南季风,雨量尤为丰富,是广西雨量最集中的区域,多年平均降水量 2 000~2 700 mm^[17]。

广西药用植物园地处首府南宁,园内种植有几千种珍贵药用植物。由于为人工种植与管护,人为干扰较大。样地概况如下(表 1)。

表 1 研究样地概况

样地号	采样地点	纬度	经度	树种组成	坡度/(°)	坡位	总盖度/%
1	药用园	22°51′	108°19′	饭甗椎、假苹婆、桂木、亮叶猴耳环	0	0	70
2	防城港	21°37′	108°19′	马尾松	0	0	75
3	金花茶	21°45′	108°06′	银材、黄樟、三叉苦、鸭脚木、牛耳枫	5	下坡	75
4	十万山	23°24′	108°20′	大叶栎、冬青	5	下坡	75
5	大明山	23°21′	108°47′	马甲菝葜、黄杞、深山含笑、银荷木	5	中坡	90

2 研究方法

2011 年 1 月在广西药用植物园(以下简称药用园),防城港西湾(以下简称防城港),金花茶上岳保护站(以下简称金花茶),十万山平龙山保护站(以下简称十万山),大明山舞台历山(以下简称大明山)5 个典型生态系统中各设置面积为 1 m×1 m 的样方 6 个,调查凋落物鲜重,并各取部分凋落物测定含水率。各采样地点的样方凋落物鲜干重见表 2。另取各样方的部分凋落物装入网袋后分别浸入水中 0.5,1,1.5,2,4,6,8,10,13,24 h 后,捞起并静置到凋落物不滴水时称重,做 3 个重复。

土壤物理性质的测定:采用环刀法,于 2011 年 1 月在标准地内挖掘土壤剖面,用环刀按照土层 0—20,20—40,40—60 cm 分层取样,每个组合重复 3 次,用烘干法和浸水法测定土壤的自然含水量、土壤的各项物理性状和持水性能指标。

3 结果与分析

3.1 凋落物储量

5 个典型生态系统的凋落物储量各不相同(表

2)。大明山的凋落物的鲜重最大,达 15.21×10³ kg/hm²,其它 4 个采样地点的顺序为防城港>十万山>药用园>金花茶。而 5 个采样地点的凋落物的干重顺序为防城港>十万山>大明山>药用园>金花茶。同时大明山的凋落物自然含水率最高,达 49.17%。

表 2 凋落物厚度及储量

采样地点	厚度/cm	鲜重/(10 ³ kg·hm ⁻²)	烘干重/(10 ³ kg·hm ⁻²)	自然含水率/%
药用园	3.4	7.15	5.62	21.43
防城港	3.8	10.82	9.26	14.46
金花茶	3.7	5.5	4.81	12.48
十万山	1.6	10.61	8.98	15.34
大明山	4.2	15.21	7.73	49.17

3.2 凋落物持水量

在浸泡不同时间后,采样点的凋落物持水量均呈现大明山>十万山>金花茶>药用园>防城港,在浸泡 0.5~4.0 h 内,各点的凋落物持水量增长较为迅速,此后,随着浸泡时间的增加,凋落物持水量增长缓慢,浸泡 8~10 h 时,其持水量接近饱和,即 8~10 h 后增加浸泡时间,其持水量变化很小(图 1)。大明山的凋落物最大持

水量在各点中居首位,达 $8.6\times 10^3\text{ kg/hm}^2$,防城港的凋落物最大持水量最小为 $3.81\times 10^3\text{ kg/hm}^2$ 。

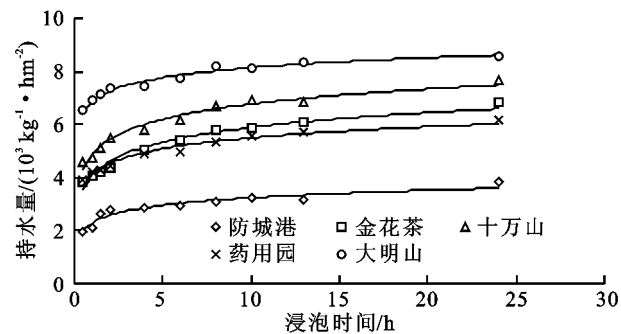


图 1 凋落物持水量与浸泡时间的关系

表 3 凋落物持水量与浸泡时间的关系

采样地点	方程	R	p
防城港	$y=0.4058\ln t+2.3022$	0.9165	<0.001
金花茶	$y=0.7970\ln t+4.0578$	0.9661	<0.001
大明山	$y=0.5433\ln t+6.8886$	0.9786	<0.001
药用园	$y=0.5957\ln t+4.1262$	0.9725	<0.001
十万山	$y=0.8203\ln t+4.8804$	0.9725	<0.001

凋落物持水量(WH)与浸泡时间(t)的关系按照对数方程变化.各点不同浸泡时间的凋落物持水量理论值与实测结果相近,相关系数 $R>0.91$,达到显著相关水平($p<0.001$,表 3)。

3.3 凋落物持水率

凋落物的持水率用凋落物吸收的水分与凋落物干质量的比值来表示,该值越大,凋落物的持水能力就越强.在浸泡不同时间后,各点的凋落物持水率均呈现药用园>大明山>金花茶>十万山>防城港(图 2).浸泡时间在 0.5~6 h 时,各点的凋落物持水率随着浸泡时间的增长而迅速增长,此后增长较为缓慢,浸泡时间达 13 h 时,持水率趋于饱和.药用园、大明山、金花茶、十万山和防城港的凋落物最大持水率分别为 174.97%,162.09%,159.9%,159.81% 和 118.24%,药用园的凋落物显示了较强的持水能力。

凋落物持水率(WR)与浸泡时间(t)可以用对数方程模拟.各点不同浸泡时间的凋落物持水率理论值与实测结果的相关系数 $R>0.91$,二者关系达到极显著相关水平($p<0.001$,表 4)。

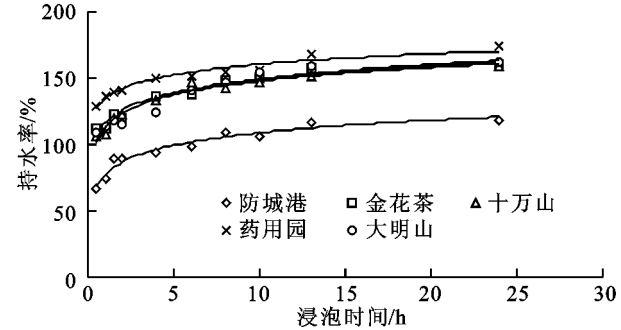


图 2 凋落物持水率与浸泡时间的关系

表 4 凋落物持水率与浸泡时间的关系

采样地点	方程	R	p
防城港	$y=13.688\ln t+77.359$	0.9588	<0.001
金花茶	$y=14.44\ln t+115.95$	0.9521	<0.001
十万山	$y=15.011\ln t+113.23$	0.9728	<0.001
药用园	$y=11.298\ln t+134.49$	0.9447	<0.001
大明山	$y=15.998\ln t+112.49$	0.9172	<0.001

3.4 凋落物吸水速率

浸泡时间在 0.5~4.0 h 时,各点凋落物的吸水速率随浸泡时间的增长急剧下降,此后缓慢下降(图 3).药用园的凋落物在浸泡不同时间后,其吸水速率均居首位,防城港的凋落物吸水速率最小.浸泡 0.5 h 时,药用园、大明山、金花茶、十万山和防城港的凋落物的吸水速率分别为 2 228.31,1 900.15,1 813.21,1 759.95,1 169.4 g/(kg·h),浸泡 24 h 后分别下降到 54.49,51.04,53.41,47.51,42.5 g/(kg·h),其中,浸泡 4 h 时,吸水速率分别下降了 85.2%,86.5%,85.1%,84.2% 和 83.1%.由图 3 可知,5 种采样地凋落物的吸水速率相差不是很大。

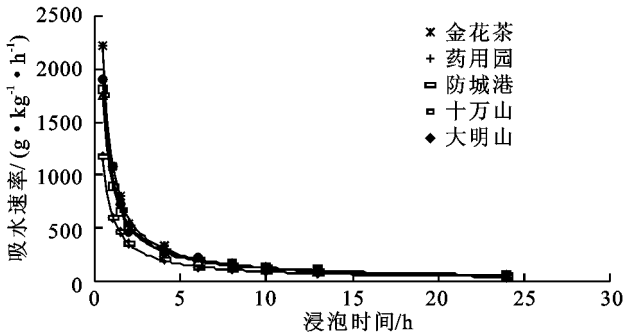


图 3 凋落物吸水速率与浸泡时间的关系

表 5 凋落物吸水速率与浸泡时间的表达式

采样地点	方程	R	p
防城港	$y=635.95t^{-0.8444}$	0.9985	<0.001
金花茶保护区	$y=945.30t^{-0.8761}$	0.9975	<0.001
十万山	$y=955.23t^{-0.9039}$	0.9974	<0.001
药用园	$y=1131.9t^{-0.9426}$	0.9979	<0.001
大明山	$y=1014.5t^{-0.9079}$	0.9933	<0.001

凋落物吸水速率与浸泡时间的关系可以用乘幂方程模拟.用乘幂方程得出的凋落物吸水速率理论值与实测结果的相关系数 $R>0.993$,二者极显著相关($p<0.001$,表 5)。

3.5 土壤物理性状和持水性能

土壤的物理性状指土层厚度、土壤容重及土壤孔隙度等指标,土壤的物理性状直接影响到土壤的持水性能、保水能力等,从表 6 中可见,不同地点土壤的物理性状具有一定的差异,表层土壤容重是药用园最大,最小的是十万山;而土壤的总孔隙度、毛管孔隙度

是大明山>十万山>药用园>金花茶>防城港;非毛管孔隙度以药用园最大 4.2%,金花茶最小 1.2%,由此可知,在改善土壤物理性质方面的潜力由大到小药用园>防城港>十万山>大明山>金花茶。原因主要是,枯落物种类不同,导致分解程度和对土壤的影响不同,另外,人为因素的影响也不尽相同。

从土壤的持水性能看,无论是最小持水量还是最

大持水量都以大明山最大,分别达到了 882.6,954.9 g/kg,防城港最低,只有 231.3,269.0 g/kg。原因主要是枯落物种类的不同。

总体来说,大明山土壤的最大持水量达到了 954.9 g/kg,因此只要有足够的时间让水分渗入土壤,一般的降雨量土壤都可以完全吸收,不会形成地表径流。

表 6 不同地点土壤的物理性状及持水性能

采样地点	土层厚度/ cm	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	总孔隙度/ %	毛管 孔隙度/%	非毛管 孔隙度/%	最大持水量/ (g·kg ⁻¹)	最小持水量/ (g·kg ⁻¹)
大明山	0—20	1.63	84.6	81.1	3.5	954.9	882.6
	20—40	2.08	55.3	42.1	13.2	274.3	243.9
	40—60	2.09	42.3	30.3	12.0	227.9	155.7
十万山	0—20	1.31	50.1	46.4	3.7	439.1	393.6
	20—40	1.48	46.1	42.5	3.6	381.8	339.3
	0—20	1.48	45.3	44.1	1.2	426.8	385.8
金花茶	20—40	1.58	50.3	47.7	2.6	389.0	355.7
	40—60	1.60	49.3	43.1	6.2	339.7	298.9
	0—20	1.51	37.4	33.6	3.8	269.0	231.3
防城港	20—40	1.70	39.8	37.1	2.7	255.4	229.4
	40—60	1.92	43.3	37.7	5.6	250.2	211.0
	0—20	1.66	47.9	43.7	4.2	354.7	315.7
药用园	20—40	1.76	37.9	36.3	1.6	243.2	223.8
	40—60	1.99	35.5	34.5	1.0	205.8	193.2

4 结 论

(1) 5 个典型生态系统森林凋落物的厚度在 1.6~4.2 cm,现存量烘干重在 4.81~9.26 t/hm²,具有防城港>十万山>大明山>药用园>金花茶的规律。各采样点凋落物的最大持水量介于 3.81~8.60 t/hm²,表现为大明山>十万山>金花茶>药用园>防城港。

(2) 凋落物持水率与时间存在对数曲线关系,凋落物持水率随时间延长而增加,约在 10~13 h 时接近饱和,最大持水率在 118.2%~174.9%间,不同采样点表现为药用园>大明山>金花茶>十万山>防城港。凋落物吸水速率与浸泡时间呈幂函数关系,浸泡时间在 0.5~4.0 h 时,各点凋落物的吸水速率随浸泡时间的增长急剧下降,此后缓慢下降,5 个采样地凋落物的吸水速率相差不是很大。

(3) 凋落物的持水率、吸水速率、现存量和最大持水量是研究森林凋落物持水能力和水文功能的重要指标,对 5 个典型生态系统森林凋落物的分析表明:大明山、金花茶、药用园、十万山等阔叶林具有较高的持水效能,而防城港的马尾松林凋落物的吸水速率、持水率以及最大持水量均最低,其林地凋落物涵养水源、保持水土能力较差。

(4) 0—20 cm 土壤容重是十万山最小,其次是金花茶,最大的是药用园;而土壤的总孔隙度、毛管孔隙度从大到小依次为大明山、十万山、药用园、金花茶、防城港;非毛管孔隙度以药用园最大,防城港较小;从土壤的持水性能看,大明山的毛管持水量和最大持水量都最大,分别达到了 882.6,954.9 g/kg,防城港最低,只有 231.3,269.0 g/kg。总体来看,植被土壤的持水性能明显,大明山土壤的最大持水量达到了 954.9 g/kg,因此只要有足够的时间让水分渗入土壤,一般的降雨量土壤都可以完全吸收,不会形成地表径流。

参考文献:

[1] 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(3): 88-97.

[2] 姜海燕,赵雨森,陈祥伟,等.大兴安岭岭南几种主要森林类型土壤水文功能研究[J].水土保持学报,2007,21(3):149-153.

[3] 闫文德,张学龙.祁连山森林枯落物水文作用的研究[J].西北林学院学报,1997,12(2):7-14.

[4] 程金花,张洪江,史玉虎,等.三峡库区几种林下枯落物的水文作用[J].北京林业大学学报,2003,25(2):8-13.

[5] 赵鸿雁,吴钦孝.黄土高原几种枯枝落叶吸水机理研究[J].防护林科技,1996(4):15-18.

- 土壤的环境质量研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 496-501.
- [4] 李录久, 吴萍萍, 杨自保, 等. 矿区土壤重金属污染现状调查[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(13): 3136-3137.
- [5] 储彬彬, 罗立强. 南京栖霞山铅锌矿地区土壤重金属污染评价[J]. 岩矿测试, 2010, 29(1): 5-8.
- [6] 石占飞, 王力. 神木矿区土壤重金属含量特征及潜在风险评价[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(6): 1150-1158.
- [7] 郭立军, 黄道友, 刘胜平, 等. 株洲城郊土壤重金属污染状况及防治对策[J]. 湖南农业科学, 2009(9): 49-51.
- [8] 陈桥, 胡克, 王建国, 等. 矿山土地污染危害及污染源探讨[J]. 国土资源科技管理, 2004, 21(4): 50-53.
- [9] 卓文珊, 唐建锋, 管东生. 广州市城区土壤重金属空间分布特征及其污染评价[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2009, 48(4): 47-51.
- [10] Rattan R K, Datta S P, Chhonkar P K, et al. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater: A case study[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2005, 109(3): 310-322.
- [11] Surdyk N, Cary L, Blagojevic S, et al. Impact of irrigation with treated low quality water on the heavy metal contents of a soil-crop system in Serbia[J]. Agricultural Water Management, 2010, 98(3): 451-457.
- [12] 樊文华, 李慧峰, 白中科, 等. 黄土区大型露天煤矿煤矸石自燃对复垦土壤质量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 319-324.
- [13] 吕烈武, 郭彬, 漆智平. 海南省万宁市水稻土重金属污染的初步研究[J]. 热带作物学报, 2009, 30(7): 1023-1027.
- [14] 陈素兰, 陈波, 章勇. X-荧光光谱法在土壤调查中的应用[J]. 中国环境监测, 2007, 23(1): 19-22.
- [15] 王冬进. 原子吸收法直接测量土壤中的汞含量[J]. 污染防治技术, 2010, 23(1): 82-83.
- [16] 安琼, 董元华, 王辉. 苏南某市农田土壤有毒有害元素分布状况及影响因素[J]. 土壤, 2005, 37(2): 147-151.
- [17] Muller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River[J]. Geojournal, 1969, 2(3): 108-118.
- [18] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach[J]. Water Research, 1980, 14(8): 975-1001.
- [19] 范拴喜, 甘卓亭, 李美娟. 土壤重金属污染评价方法进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(17): 310-315.
- [20] 郭平, 谢忠雷, 李军, 等. 长春市土壤重金属污染特征及其潜在生态风险评价[J]. 地理科学, 2005, 25(1): 108-112.
- [21] 李晓铭, 赵世民, 王道玮, 等. 滇池表层沉积物中重金属污染特征及评价[J]. 地球与环境, 2013, 41(6): 647-655.
- [22] Garbisu C, Alkorta I. Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment[J]. Bioresource Technology, 2001, 77(3): 229-236.
- [23] Salt D E, Blaylock M, Kumar N P, et al. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants[J]. Bio/Technology, 1995(13): 468-474.
- [24] 孙庆业, 刘付程. 铜陵铜矿尾矿理化性质的变化对植被重建的影响[J]. 农村生态环境, 1998, 14(1): 21-23.
- [25] 常青山, 马祥庆. 重金属超富集植物筛选研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(S): 330-335.

(上接第213页)

- [6] 陈洪松, 王克林. 岩溶干旱特征及其治理对策[C]//湖南省农业系统工程学会常务理事会议暨青年学术委员会会议论文集, 2004.
- [7] 樊登星, 余新晓, 岳永杰, 等. 北京西山不同林分枯落物层持水特性研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(2): 177-181.
- [8] Beasley R S, Granillo A B. Soil protection by natural vegetation on clearcut forest land in Arkansas[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1985, 40(4): 379-382.
- [9] 周祥, 赵一鹤, 张洪江. 云南高原典型林分林下枯落物持水特性研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(2): 248-252.
- [10] 田月亮, 张金池, 李海东, 等. 不同林分类型土壤水分物理性质及其海拔效应: 以浙江省凤阳山为例[J]. 水土保持通报, 2013, 33(1): 53-56.
- [11] 徐学华, 张慧, 王海东, 等. 太行山前南峪旅游区3种典型林分枯落物持水特性的研究[J]. 水土保持学报, 2013, 27(6): 108-112.
- [12] 张腾达, 陶建平, 王玉平. 两种生境下不同生活型植物凋落叶的持水特性[J]. 生态学杂志, 2014, 33(2): 310-315.
- [13] 高开通, 胡淑萍, 刘鹏举, 等. 北京九龙山自然保护区典型林分枯落物水文效应研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(5): 160-164.
- [14] 温远光, 黄棉. 大明山中山植被恢复过程植物物种多样性的变化[J]. 植物生态学报, 1998, 22(1): 33-40.
- [15] 梁士楚, 刘镜法, 梁铭忠. 北仑河口国家级自然保护区红树植物群落研究[J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2004, 22(2): 70-76.
- [16] 庞洁, 卢广昌, 和太平, 等. 广西防城金花茶自然保护区金花茶所在植物群落优势种的种间关联分析[J]. 广西科学院学报, 2010, 26(2): 110-115.
- [17] 和太平. 广西十万大山国家级自然保护区植物区系研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(7): 75-84.