

DOI: 10.13324/j.cnki.jfcf.2018.04.009

元江干热河谷稀树灌丛凋落量动态特征

熊 壮¹, 叶 文¹, 张树斌^{2,3}, 杨大新^{2,3}

(1. 西南林业大学地理学院, 云南 昆明 650224;

2. 中国科学院热带森林生态学重点实验室, 云南 勐腊 666303;

3. 中国科学院西双版纳热带植物园元江干热河谷生态站, 云南 元江 653300)

摘要: 稀树灌丛植被广泛分布于我国西南干热河谷地区, 然而, 对其凋落量动态及影响因素的研究还比较缺乏。本文选取元江干热河谷稀树灌丛植被, 开展凋落量动态监测, 并分析其与主要气象因子的关系。结果表明: 元江干热河谷年凋落总量为 $2\,142.7\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 叶凋落量为 $1\,561.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 占凋落总量的 72.9%; 枝、皮、花果、碎屑凋落量分别为 284.9、18.9、172.4 和 $105.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 分别占凋落总量的 13.3%、0.9%、8.1% 和 4.9%。凋落总量的月动态呈现单峰型, 从 10 月份开始气温和降雨量急剧降低, 大部分植物在此时集中落叶, 月凋落量达到峰值。月凋落量与月平均气温、月最高气温、月最低气温、月降雨量和土壤含水率等显著负相关 ($P<0.01$), 其中月降雨量是影响凋落量月动态的主要限制因素。

关键词: 干热河谷; 凋落; 稀树灌丛; 气象因子

中图分类号: S718.5 文献标识码: A 文章编号: 2096-0018(2018)04-0439-05

Litterfall dynamic of a dry-hot valley savanna in Yuanjiang, southwest China

XIONG Zhuang¹, YE Wen¹, ZHANG Shubin^{2,3}, YANG Daxin^{2,3}

(1. School of Geography, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China;

2. Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China;

3. Yuanjiang Savanna Ecosystem Research Station, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Yuanjiang, Yunnan 653300, China)

Abstract: Savanna is a widespread vegetation in dry-hot valley region, southwest China. However, the litterfall dynamic and their relations with meteorological factors are poorly understood. In the study, the litterfall dynamic of savanna ecosystem was monitored, and the relationships between litterfall dynamic and main meteorological factors were analyzed in Yuanjiang, Yunnan Province, southwest China. The results showed that the annual total litterfall yield was $2\,142.7\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$. Leaf litter accounted for 72.9% ($1\,561.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) of the total litterfall, and the branch, bark, flower & fruit, pieces were 284.9, 18.9, 172.4 and $105.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, which accounted for 13.3%, 0.9%, 8.1% and 4.9%, respectively. The monthly dynamic of litterfall yield showed mono-peak in October, namely, most plants shed leaves in October when the air temperature and precipitation decreased sharply. According to the correlation analysis with climate factors, the monthly litterfall productions were negatively correlated with mean air temperature, maximum air temperature, minimum air temperature, monthly precipitation and soil moisture content ($P<0.01$), which showed that monthly precipitation was the primary limiting factor affecting the monthly litterfall yield.

Key words: dry-hot valley; litterfall; savanna; meteorological factors

凋落物是森林生态系统物质循环和能量流动的重要组成部分^[1], 凋落物的分解也成为生态系统的元素循环和养分归还的主要过程, 相比林下土壤, 凋落物中的碳含量更丰富、周转期更短, 这直接影响到生态系统的碳储量和碳循环^[2-5]。凋落物覆盖在土壤表面, 具有阻滞降雨量、调节地表径流的功能, 对保持水土、涵养水源都有重要的影响^[6]。通过研究生态系统中凋落量的动态变化规律及其限制因子分析, 能够揭示生态系统结构和功能动态变化的内在机制。在未来干旱频度和强度进一步加剧的气候变化的背景下^[7], 弄清凋落量与环境因子的相互关系, 对生态系统的科学管理具有重要的参考价值。

我国西南横断山区及其邻近地区, 即: 怒江、澜沧江、金沙江和元江的河谷地区等, 由于焚风效应和

收稿日期: 2018-01-24 修回日期: 2018-03-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(31600479); 中国科学院西部之光项目(Y7XB081K01)。

第一作者简介: 熊壮(1987-), 男, 硕士研究生, 从事森林水文和森林生态学研究。Email: allanlqm@qq.com。通信作者: 张树斌(1981-), 男, 高级工程师, 从事植物生理生态学研究。Email: zhangshubin@xtbg.ac.cn。

封闭地形所导致的大气局部环流,形成独特的干热河谷^[8]。这些河谷地区年均温高于 20℃,年蒸发量是降雨量的数倍,干湿季分明。在这种环境下发育而成的稀树灌丛,也被称为河谷型萨王纳(valley-type savanna),它是世界萨王纳植被的河谷残存者,蕴藏着抗逆性极强的生物,具有重要的研究价值^[8]。然而,对于这类植被的凋落量动态过程及其对环境因子的响应机制尚不明确。

本文以元江干热河谷稀树灌丛生态系统为研究对象,于 2014—2016 年开展了凋落量的动态监测,并分析凋落量动态与环境因子的关系,试图阐明稀树灌丛凋落量及各组分的动态规律及其影响该植被凋落量动态变化的主要环境因子。研究结果可为我国西南地区干热河谷生态系统的物质循环和能量流动研究提供科学数据,并为预测气候变化对该生态系统的碳素循环提供重要参考。

1 研究区概况与方法

1.1 研究地区概况

研究地点位于中国科学院西双版纳热带植物园元江干热河谷生态站(简称元江生态站),位于东经 102°11′,北纬 23°28′,海拔 481 m。该区年平均温度 24.8℃,年平均降雨量 707.1 mm,且多集中于雨季(5—10 月),土壤以燥红土为主。稀树灌丛是干热河谷中分布范围最广,面积最大的植被类型,海拔 350~900 m 均有分布,主要树种为厚皮树 [*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.]、老人皮 [*Polyalthia cerasoides* (Roxb.) Benth. et Hook.]、三叶漆 [*Terminthia paniculata* (Wall. ex G. Don) C. Y. Wu et T. L. Ming] 等。乔木植物矮化,灌木丛生,叶厚、多具毛,多为小型叶,具刺的种类较多,有的以肉质多刺的形态特征出现。

1.2 凋落物的收集

在元江生态站附近设定 1 hm² (100 m×100 m) 稀树灌丛长期监测样地,坡度为 0°~30°,冠层高度为 5~8 m,盖度为 60%。按照中国生态系统研究网络(CERN)标准规范,将 1 hm² 样地分为 100 个 10 m×10 m 的Ⅱ级样方,选择其中 20 个Ⅱ级样方,在每个样方内随机放置 1 个 1 m×1 m 的尼龙纱布做成的凋落物收集框收集凋落物,高度为 0.5 m,每月末收集 1 次凋落物,2014 年 1 月—2016 年 12 月共收集 36 次。将收集到的凋落物编号并装入尼龙网袋,带回实验室,按照树叶、枝条(粗枝和细枝)、花果、皮和碎屑 5 大类分开^[9],在 70℃烘箱中烘烤 72 h 后称重并记录。

1.3 环境因子

气象数据由元江生态站提供,主要有月平均气温、月最高气温、月最低气温、月降雨量和最大降雨量、平均风速等。在样地内安装了土壤含水率监测系统(ECH₂O,美国 METER 公司),土壤湿度探头埋藏深度为 40 cm,数据记录间隔设定为 10 min,每月定期下载数据并对仪器进行维护,整理后得到每月的土壤含水率。

1.4 数据分析

根据每月收集框收集的凋落量取平均值,获得月凋落量,年凋落量为 1—12 月内凋落物各组分之和,并分别计算每月的气象因子和土壤含水率的月平均值,所有图表数据用平均值±标准误表示。采用 SPSS 16.0 进行数据分析,利用 Pearson 相关系数分析凋落量及各组分与环境因子之间的关系,并利用软件 SigmaPlot 10.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 主要气象因子的变化

由 2014—2016 年气象监测可以看出,雨季初期的 5 月份月平均气温最高[图 1(a)],高温天气一直持续到 9 月份,然后快速降低进入全年气温低谷期;降雨量从 5 月开始快速增加,在 8 月份达到最高峰,10 月份后急剧减少[图 1(b)],5—10 月的降雨量占全年的 73.9%,2—3 月是全年降雨最少的时候;平均风速全年都不高,相对而言,2 月平均风速全年最高[图 1(c)];土壤含水率与降雨量关系密切,也在 5 月份快速增加,10 月份急剧减少[图 1(d)],并在 3 月份降到全年最低值。

2.2 凋落量的动态

2.2.1 凋落量组成 2014—2016 年的平均年凋落量为 2 142.7 kg·hm⁻²,叶凋落量为 1 561.5 kg·hm⁻²,占总凋落量的 72.9%,其次是枝凋落量,为 284.9 kg·hm⁻²,占总凋落量的 13.3%。叶凋落量和枝凋落量在年平均总凋落量中的比例高达 86.2%,因此也构成了该植被凋落物的主要成分。

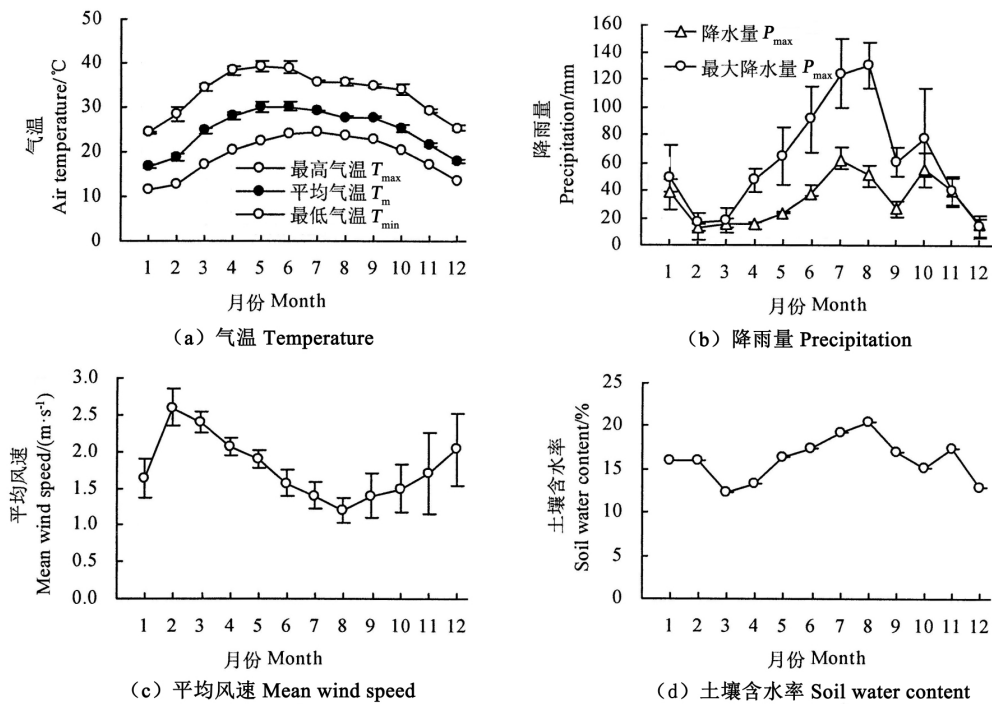


图1 元江干热河谷地区主要气象因子月动态图

Figure 1 Monthly dynamic of main meteorological factors in Yuanjiang dry-hot valley

2.2.2 各组分凋落量月动态 总凋落量月动态呈现单峰型规律[图2(f)],10月份达到峰值,为 $370 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,10月至翌年3月凋落量维持较高水平,占全年的66.7%;枝凋落量在10月份出现极大值[图2(a)],达到 $59.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,9—12月是枝凋落物的主要凋落期,占全年枝凋落量的55.9%;叶凋落物在每年的10份出现峰值[图2(b)],达 $295.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,主要凋落期为10月至翌年2月,占全年叶凋落量的67.9%;花果凋落物在3月和8月会集中凋落[图2(c)],分别达到 44.4 、 $29.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,这两个月的凋落量占全年花果凋落量的42.9%;碎屑凋落物在干季末期的3月和雨季中期的8月较为集中[图2(e)],两个月的量占全年碎屑凋落量的36.7%;皮凋落量月动态特征未见明显规律,但以10月份最低[图2(d)]。

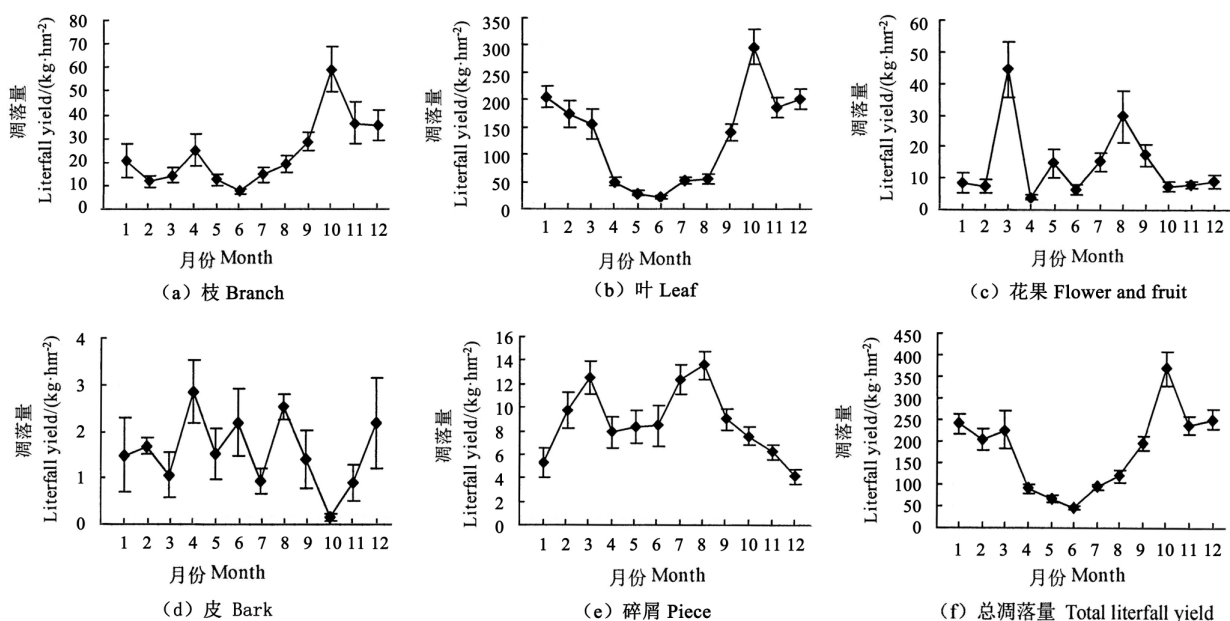


图2 凋落量及各组分月动态图

Figure 2 Monthly dynamic of litterfall yield and its components

2.3 凋落物组分的自相关

表 1 显示了凋落量各组分之间的自相关关系,结果显示枝凋落量与叶凋落量达到极显著正相关($P<0.01$),相关系数为 0.668 (表 1),花果凋落量与碎屑凋落量极显著正相关($P<0.01$),相关系数为 0.551,而皮凋落物与其他几类凋落物组分无显著相关性。

2.4 各组分凋落量与气象因子的关系

表 2 显示了凋落量及各分量与主要气象因子的相关关系,可以看出:凋落物总量和叶凋落量与月平均气温、月最高气温、月最低气温、月降雨量、月土壤含水率显著负相关($P<0.01$),叶凋落量与最大降雨量显著负相关($P<0.05$),枝、皮、花果、碎屑凋落量与主要气象因子均无显著相关性(表 2)。

表 1 凋落物组分量自相关分析

Table 1 The autocorrelation analysis of litter components

组分 Component	枝 Branch	叶 Leaf	皮 Bark	花果 Flower & fruit	碎屑 Piece
枝 Branch	1				
叶 Leaf	0.668 **	1			
皮 Bark	-0.015	-0.254	1		
花果 Flower & Fruit	-0.160	-0.098	-0.197	1	
碎屑 Pieces	0.065	-0.224	0.128	0.551 **	1

注: ** 表示差异极显著, $P<0.01$ 。 ** indicates extremely significant difference under $P<0.01$.

表 2 凋落量及各组分量与主要气象因子的相关关系

Table 2 Correlation analysis of litterfall production and its components with main meteorological factors

组分 Component	月平均气温 Monthly mean air temperature	月最高气温 Monthly maximum air temperature	月最低气温 Monthly minimum air temperature	月降雨量 Monthly precipitation	最大降雨量 Maximum daily precipitation	平均风速 Mean wind speed	土壤含水率 Soil moisture content
枝 Branch	-0.118	-0.141	-0.061	-0.137	-0.104	0.059	-0.315
叶 Leaf	-0.582 **	-0.586 **	-0.539 **	-0.475 **	-0.344 *	0.308	-0.462 **
皮 Bark	0.042	0.053	0.004	-0.083	-0.217	0.099	-0.107
花果 Flower & Fruit	0.142	0.147	0.125	0.052	0.079	0.015	-0.075
碎屑 Pieces	0.307	0.271	0.311	0.218	0.151	-0.068	0.112
总量 Total	-0.507 **	-0.515 **	-0.461 **	-0.431 **	-0.310	0.283	-0.470 **

注: * 表示差异显著 $P<0.05$; ** 表示差异极显著 $P<0.01$ 。 Note: * indicates significant difference under $P<0.05$, ** indicates extremely significant difference under $P<0.01$.

3 讨论

元江干热河谷稀树灌丛凋落量的动态呈单峰型,10月达到峰值,到翌年3月份都维持较高的水平,这与当地的气象环境变化规律相吻合,即从10月份开始当地的气温、降雨量和土壤含水率都急剧降低,月凋落量与月平均气温、月最高气温、月最低气温、月降雨量和月土壤含水率都呈显著负相关($P<0.01$),这与郑征等^[10]研究的不同海拔的热带森林,凌华等^[11]研究的热带森林、常绿阔叶林、温带针阔混交林、暖温带落叶阔叶林、暖性针叶林、寒温性针叶林所得到的结论不同,他们认为凋落量与气温呈显著正相关关系,因为气温高,植物的光合作用就强烈,新陈代谢旺盛,所以凋落量就相应增多。这种差异与干热河谷特殊的气象环境条件有关,每年10月份该地区的气温和降雨量会急剧下降,导致土壤含水率也随之急剧下降,此时植物就会通过脱落叶片,减少蒸腾水分散失来降低水分胁迫,作为对干旱适应的一种机制。在降雨缺乏的月份,植物就会以落叶的形式来响应季节性干旱,维持长期干旱条件下植物的水力安全^[12-14]。因此,降雨量是影响稀树灌丛植物叶片凋落的主导因子。元江干热河谷稀树灌丛的植物,按物候类型可分为冷凉季落叶、干热季落叶和常绿植物3种类型。其中,在雨季末、干季初开始落叶的冷凉季落叶植物占多数,占43.8%,其持续落叶时间一般在3个月以上;在干季中后期、高温少雨的月份,落叶的干热季落叶植物约占28.1%;一些常绿植物也会在干季陆续脱落一部分叶子^[15]。叶凋落量是林分凋落量的主要成分,而叶凋落量在雨季末期骤然增加并持续到翌年3月份决定了凋落总量的变化也具有相同的规律。

干热河谷地区的植物为了应对季节性的干旱,在叶片凋落的同时,许多小树枝也一同干枯脱落,因此,在每年的10月形成一个枝条凋落量的高峰。另外,该地区三叶漆等干热季落叶植物因为缺乏水力脆弱性分割特性,在每年3—4月的干季末期,植物为了维持整株植物的水力安全而牺牲一部分小树枝等末端器官^[14],这就导致枝凋落量有一个明显的上升,因此,在每年3—4月份形成一个枝凋落量的小高峰。花果凋落量的变化规律呈现双峰型,3月份和8月份凋落量都较高,这与当地植物的开花结果期有关^[15]。大部分植物在干季末期3月份花果成熟脱落,形成了花果凋落量的高峰;也有部分植物在雨季初期展叶和开花同

步,到雨季中期的8月花果成熟脱落,形成了花果凋落量的另一个小高峰。

元江干热河谷地区,岩溶地质多裸岩、缝隙多不保水、土壤浅薄^[16],不利于植物生长^[17],导致植物群落结构简单,林分单一,草本植物占优势,稀疏生长有较矮的乔木和灌木^[15],是一种特殊的、在迅速退化的植被类型^[18]。而已有研究表明群落结构简单、物种多样性低、林分单一的植被类型凋落量要小于群落结构复杂、物种多样性高的植被类型^[11,19-21]。

由于焚风效应和封闭地形所导致的大气局部环流,再加上高温和降雨量不均衡,使元江干热河谷地区半年以上都处于干旱状态,年蒸发量是降雨量的数倍,突出的缺水问题就导致降雨量对该区域的生境影响较大,降雨量的动态变化就成为影响稀树灌丛凋落量动态变化的主导因子。在这种高温少雨、季节性干旱明显的环境下发育的稀树灌丛植被,群落结构简单,林分单一,年凋落总量较低。植物适应这种环境所具有的物候特性,决定了在雨季末期的10月份会集中落叶,凋落量达到一年中的最大值,此后到翌年3月份都是凋落量较高的时间段。

参考文献

- [1] MAGUIRE D A. Branch mortality and potential litterfall from Douglas-fir trees in stands of varying density [J]. *Forest Ecology and Management*, 1994, 70(1/2/3): 41-53.
- [2] MUDRICK D A, HOOSEIN M, HICKS JR R R, *et al.* Decomposition of leaf litter in an Appalachian forest: effects of leaf species, aspect, slope position and time [J]. *Forest Ecology and Management*, 1994, 68(2/3): 231-250.
- [3] KAVVADIAS V A, ALIFRAGIS D, TSIONTSIS A, *et al.* Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece [J]. *Forest Ecology and Management*, 2001, 144(1/2/3): 113-127.
- [4] BORKEN W, DAVIDSON E A, SAVAGE K, *et al.* Drying and wetting effects on carbon dioxide release from organic horizons [J]. *Soil Science Society of America*, 2003, 67(6): 1 888-1 896.
- [5] 潘辉, 黄石德, 洪伟, 等. 3种相思人工林生态系统碳贮量及分配 [J]. *福建林学院学报*, 2009, 29(1): 28-32.
- [6] 李海防, 范志伟, 颜培栋, 等. 不同年龄马尾松人工林水源涵养能力比较研究 [J]. *福建林学院学报*, 2011, 31(4): 320-323.
- [7] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007: the physical science basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [8] 金振洲, 欧晓昆. 干热河谷植被: 元江、怒江、金沙江、澜沧江 [M]. 昆明: 云南大学出版社, 2000.
- [9] 房焕英, 刘文飞, 吴建平, 等. 杉木人工林凋落量及气候因子敏感性分析 [J]. *福建林学院学报*, 2013, 33(3): 273-278.
- [10] 郑征, 李佑荣, 刘宏茂, 等. 西双版纳不同海拔热带雨林凋落量变化研究 [J]. *植物生态学报*, 2005, 29(6): 884-893.
- [11] 凌华, 陈光水, 陈志勤. 中国森林凋落量的影响因素 [J]. *亚热带资源与环境学报*, 2009, 4(4): 66-71.
- [12] 谭正洪, 张一平, 宋清海, 等. 落叶作为热带雨林水分亏缺应对策略的研究: 以西双版纳热带雨林为例 [J]. *云南大学学报(自然科学版)*, 2014, 36(2): 273-280.
- [13] CHEN J W, CAO K F. A possible link between hydraulic properties and leaf habits in *Hevea brasiliensis* [J]. *Functional Plant Biology*, 2015, 42(8): 718-726.
- [14] ZHANG S B, ZHANG J L, CAO K F. Divergent hydraulic safety strategies in three co-occurring anacardiaceae tree species in a Chinese savanna [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7: 2075.
- [15] 张教林, 郝广友, 曹坤芳. 云南元江干热河谷木本植物的物候 [J]. *武汉植物学研究*, 2009, 27(1): 76-82.
- [16] 金艳强, 李敬, 张一平, 等. 元江干热河谷稀树灌丛植被碳储量及净初级生产力 [J]. *生态学报*, 2017, 37(17): 5 584-5 590.
- [17] 刘方炎, 朱华. 元江干热河谷植被数量分类及其多样性分析 [J]. *广西植物*, 2005, 25(1): 22-25, 92.
- [18] 刘方炎, 李昆. 萨王纳群落研究进展 [J]. *世界林业研究*, 2008, 21(6): 25-30.
- [19] 郭婧, 喻林华, 方晰, 等. 中亚热带4种森林凋落物量、组成、动态及其周转期 [J]. *生态学报*, 2015, 35(14): 4 668-4 677.
- [20] 张新平, 王襄平, 朱彪, 等. 我国东北主要森林类型的凋落物产量及其影响因素 [J]. *植物生态学报*, 2008, 32(5): 1 031-1 040.
- [21] 樊后保, 林德喜, 苏兵强, 等. 林下套种阔叶树的马尾松林凋落物生态学研究 I. 凋落物量及其动态 [J]. *福建林学院学报*, 2002, 22(3): 209-212.

(责任编辑: 叶宝鉴)