

西双版纳热带季节雨林自然和模拟积水树洞内水生生物多样性研究

邓丽芳^{1,2} 中村彰宏^{1*}

(¹ 中国科学院西双版纳热带植物园热带森林生态学重点实验室, 云南勐腊 666303;

² 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要 积水树洞为丰富的水生生物类群提供特殊的栖息地。然而, 我国积水树洞中的水生群落尚未得到充分记录, 也没有模拟树洞试验。本研究在调查中国西双版纳热带季节雨林中的自然积水树洞的同时, 也利用人工容器进行了积水树洞模拟试验, 更加全面充分地了解水生群落类群的组成以及检测模拟树洞试验在国内森林生态系统内的可行性。结果表明, 积水树洞内水生类群丰富, 模拟树洞和自然树洞中双翅目幼虫都是主要类群。自然树洞内的多数物种在模拟树洞内被发现。模拟树洞能够为水生生物提供与自然树洞相似的生存环境, 模拟树洞或将成为国内研究积水树洞内水生群落便利有效的工具。

关键词 积水树洞; 水生生物; 多样性; 热带季节雨林; 云南西双版纳

中图分类号 Q178.1 **文献标识码** A

文章编号 1007-5739(2021)17-0118-04

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2021.17.050

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Aquatic Organism Diversity in Natural and Artificial Water-filled Tree Holes in Seasonal Tropical Rainforest in Xishuangbanna

DENG Lifang^{1,2} NAKAMURA Akihiro^{1*}

(¹ Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla Yunnan 666303;

² University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract Water-filled tree holes provide special microhabitats for harboring diverse aquatic organisms. However, the aquatic communities in water-filled tree holes have not been fully recorded in China, and artificial water-filled tree holes experiment have not been done yet. In this study, we investigated the natural water-filled tree holes in Xishuangbanna tropical seasonal rainforest of China, and conducted an experiment of artificial water-filled tree holes in artificial containers, so as to fully understand the composition of communities in water-filled tree holes and test the feasibility of artificial water-filled tree holes experiment in domestic forest ecosystems. The results showed that there were abundant aquatic taxa groups in water-filled tree holes, and larvae of Dipteran were dominant groups in both artificial and natural water-filled tree holes. Most species in natural water-filled tree holes were found in artificial water-filled tree holes. Artificial water-filled tree holes can provide aquatic organisms with a similar living environment to natural water-filled tree holes. Artificial water-filled tree holes may become a convenient and effective tool for studying aquatic communities in water-filled tree holes in China.

Keywords water-filled tree hole; aquatic organism; diversity; seasonal tropical rainforest; Xishuangbanna Yunnan

积水树洞是森林生态系统中特殊的小生境, 维持着特定类群的生物多样性^[1], 如树蛙^[2]、蚊类^[3]等生物。国外学者将类似积水树洞, 积水凤梨、竹节、猪笼草、叶腋等能够装盛雨水、形似容器且由植物所形成的小生境统称为 phytotelmata^[4]。其中, 积水树洞普遍分布于

各种森林类型之中^[5-7], 因而相关的研究也较多。有人曾在积水树洞内发现过许多新物种^[2,7-8], 积水树洞对于维持森林生态系统生物多样性有着不容忽视的重要意义。

诸多国外学者对积水树洞进行了生物多样性调查, 发现积水树洞内栖息着丰富的水生生物^[1], 也有一些研究关注影响树洞内水生生物物种丰度和多度的因素, 如森林管理^[9]、树洞距离地面的高度^[10]、树洞大小尺寸^[11]等。但是, 国内对积水树洞内生物多样性的关注却很少, 通常仅将积水树洞作为蚊虫滋生地进行研究调查^[12]。虽然有学者关注到了树洞悬土内的真菌多样

基金项目 2017 中国科学院西双版纳热带植物园一三五规划方向一子课题“Whole forest food-web structure across spatial scales”(2017XTBG-T01)。

作者简介 邓丽芳(1993—), 女, 江西宜春人, 在读硕士研究生。研究方向: 昆虫群落生态学。

* 通信作者

收稿日期 2021-03-16

性^[13],但依然未涉及积水树洞内的水生生物多样性。然而,积水树洞作为一种特殊且在国内研究较少的小生境,在维持生物多样性方面的潜力巨大,如近年在我国西南地区的积水树洞内就发现了树蛙科的一种新属棱鼻树蛙属(*Nasutixalus*)^[2]。

自然积水树洞的形状通常不规则,并且其形成具有很大的随机性,因而有学者使用操作简便、能够标准化制作的容器来模拟自然树洞开展相关研究^[14-15]。有一些学者使用自然材料如竹节^[16]来模拟,塑料瓶具有可塑性强和可操作性强等优点,成为模拟自然树洞最常用的工具^[17]。许多研究在进行模拟自然积水树洞控制试验的同时开展自然积水树洞的调查^[11,9],自然积水树洞内水生群落基底调查是开展模拟控制试验研究的基础。

我国西南热带地区是生物多样性研究的热点区域,许多学者在此开展关于动植物生物多样性的调查及研究^[18-20],但对积水树洞内水生生物多样性的调查依然十分薄弱,仅有一些学者调查了西南地区树洞的分布与特征^[21-22]。因此,本研究调查了雨季时热带季节雨林内的积水树洞,并使用容器进行模拟自然树洞的试验,以期今后积水树洞的研究或此类小生境的调查研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

本研究的自然树洞调查部分在中国科学院西双版纳热带植物园的补蚌 20 hm² 热带雨林动态监测样地(以下简称补蚌样地)进行,模拟树洞试验在 1 hm² 热带雨林塔吊监测样地(以下简称塔吊样地)开展。2 块样地毗邻,位于西双版纳傣族自治州勐腊县补蚌村南贡山东部斑马山脚,样地地理位置为北纬 21°36'42"~21°36'58"、东经 101°34'26"~101°34'47"。由于受来自印度洋的西南季风和副热带高压气团的交替影响,西双版纳形成了热带季风气候,即 5—11 月为雨季,降水充沛;12 月至翌年 4 月为旱季,降雨量较少^[23]。样地均为以龙脑香科(Dipterocarpaceae)植物望天树(*Parashorea chinensis*)为旗舰物种的热带季节雨林。

1.2 试验方法

1.2.1 自然树洞水生生物的调查。2019 年 7 月底,补蚌样地内设计 6 条样线,在各条样线两侧 3 m 范围内寻找内含积水>5 mL 的自然积水树洞。用针筒或塑料吸管取出装入标记好且带刻度的塑料瓶中以便测量树洞内积水量,凋落物用镊子取出放入新的瓶中并标记好。树洞内容物取出后,用手电筒检查洞壁四周是否仍有生物附着,用镊子轻轻夹出^[24]。用尺子测量树洞

最深处、最宽处和洞口距离地面的高度,将带刻度瓶子内的清水倒入树洞,以测量树洞的最大积水容量。将装有自然树洞积水和凋落物的瓶子带回实验室,倒入托盘后用镊子或塑料吸管仔细挑出水生生物,以能鉴定到的分类水平进行分类计数。

1.2.2 模拟树洞的设计与设置。考虑到西双版纳热带地区的高温可能导致模拟树洞内的水易干涸,同时参考在同为热带的巴拿马地区进行的试验曾用 2.5 L 的塑料容器模拟自然树洞^[25]。本研究使用容量为 3 L 的圆柱形聚丙烯材质透明冷水壶来制作模拟树洞,冷水壶的瓶口直径 14 cm、瓶底直径 12 cm、高 23.5 cm。所有的容器里面都放置了一块长条形的不锈钢网(规格为 30 cm×6 cm,网格尺寸为 0.15 cm),可以为昆虫成虫提供产卵或停栖的场所。每个模拟树洞的外部都使用黑色塑料袋包裹起来,因为黑色的容器比其他颜色更吸引栖息在树洞内的水生生物^[14]且深色更接近自然树洞的颜色。与此同时,每个模拟树洞放置时都将统一添加干重 8 g 的望天树叶、干重 2 g 的面包虫和 2 L 蒸馏水,为模拟树洞提供初始养分,以缩短外来养分累积的时间。2019 年 6 月,在塔吊样地内,选择 12 棵树干基部没有藤本植物覆盖且树高在 60~70 m 之间的望天树作为容器设置点。在树干距离地面大概 1.5 m 处,用铁丝和钉子将容器固定在树干上。3 个月后,将所有模拟树洞带回实验室,倒入托盘用镊子或塑料吸管仔细挑出其中的水生生物,以能鉴定到的分类水平进行分类计数。

1.2.3 水生生物的鉴定。积水树洞内水生生物多数为成熟的幼虫或稚虫,形态鉴定难度大,鉴定的分类水平并不统一。积水树洞内水生生物的鉴定主要参考澳大利亚学者的书籍^[4]。参照书中介绍,双翅目(Diptera)、鞘翅目(Coleoptera)只能鉴定到科或亚科,蜻蜓目(Odonata)则只能鉴定到亚目水平,对于毛翅目(Trichoptera)则只能鉴定到目的水平,寡毛纲(Oligochaeta)和两栖纲(Anura)则只能鉴定到属的水平。

1.3 数据处理

所有的统计分析在 R 3.5.3 版本下进行。用 Vegan 数据包来计算模拟和自然树洞内的分类单元丰富度(taxon richness),并用 Wilcoxon 非参数检验来比较差异显著性。对模拟和自然树洞内水生群落做基于 Bray-Curtis 距离的非度量多维尺度排序(non-metric multidimensional scaling, NMDS),同时采用相似性分析(analysis of similarities, ANOSIM)检验树洞内群落结构是否存在显著差异。用韦恩图来展示模拟树洞和自然树洞物种数的分布情况。

2 结果与分析

2.1 自然树洞与模拟树洞内生物多样性对比

在所调查的 13 个自然树洞中,共收集到 160 头水生生物,隶属 2 纲 4 目。自然和模拟树洞的特征参数如表 1 中所示。树洞的最大容量差异较大,树洞深度大于宽度,树洞形状多狭而深,自然树洞距地高度

为 71.54 cm±8.81 cm。在所设置的 12 个模拟树洞内,共收集到 860 头水生生物,属 2 纲 5 目。水生生物物种列表详见表 2。在 2 种树洞中,双翅目幼虫都是积水树洞内水生群落的主要类群,其中双翅目以蚊科的幼虫为主。自然树洞和模拟树洞分类单元丰富度的箱线图(图 1)显示,模拟树洞内水生生物的分类单元丰

表 1 自然和模拟积水树洞特征

树洞类型	最大容量/mL	深度/cm	宽度/cm	距地高度/cm
自然树洞	579.62±218.77	20.08±3.74	11.23±1.66	71.54±8.81
模拟树洞	3 000.00±0	23.50±0	14.00±0	150.00±0

表 2 自然树洞和模拟积水树洞内水生群落物种

纲	目	形态种	物种数量/头	
			自然树洞	模拟树洞
昆虫纲	双翅目	库蚊亚科 sp1(Culicinae sp1)	68	277
		库蚊亚科 sp2(Culicinae sp2)	46	370
		摇蚊科(Chironomidae)	2	62
		巨蚊属(<i>Toxorhynchites</i> sp.)	—	3
		大蚊科(Tipulidae)	6	1
		蛾蠓科(Psychodidae)	—	76
	鞘翅目	圆花蚤科(Scirtidae)	23	42
		龙虱科(Dytiscidae)	—	4
	毛翅目	毛翅目(Trichoptera)	13	1
	蜻蜓目	均翅亚目(Zygoptera)	—	3
寡毛纲	近孔寡毛目	水丝蚓属(<i>Limnodrilus</i> sp.)	2	—
两栖纲	无尾目	棱皮树蛙属(<i>Theloderma</i> sp.)	—	21

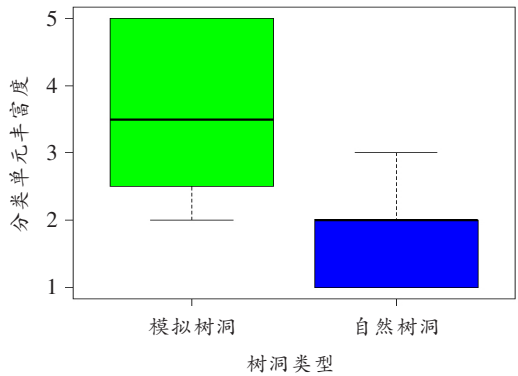


图 1 模拟树洞和自然树洞的分类单元丰富度

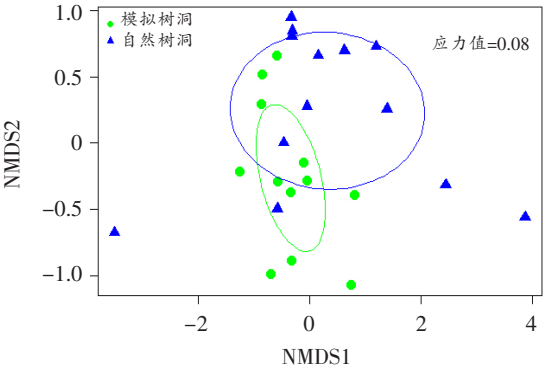


图 2 模拟树洞和自然树洞群落的非度量多维尺度排序

富度显著高于自然树洞($W=139.5, P=0.001$)。

2.2 自然树洞与模拟树洞内群落组成差异分析

模拟树洞和自然树洞的非度量多维尺度排序图(图 2)直观地显示群落的差异性(应力值=0.08)。相似性分析结果发现,2 种树洞内的群落组成呈显著差异(ANOSIM: $R=0.167\ 7, P=0.005$)。从模拟树洞和自然树洞的物种群落韦恩图(图 3)和表 2 可以看出,模拟树洞内发现的物种数高于自然树洞,绝大多数出现在自然树洞内的物种均在模拟树洞内被发现,只有 1 种物种(水丝蚓)未在模拟树洞内发现,模拟树洞内发现了更多的物种,有 5 种新物种在自然树洞内没发现。

3 讨论与结论

自然树洞与模拟树洞内双翅目昆虫幼虫都是优

势生物类群^[4]。积水树洞内水生群落也受诸多因素影响,部分物种对树洞尺寸大小有选择偏向性,例如蜻蜓目幼虫更偏向栖居在更大的积水树洞^[26],其他不同类群对积水树洞的大小选择也不尽相同^[27]。积水树洞内营养物质来源的差异也可能造成其群落结构的差

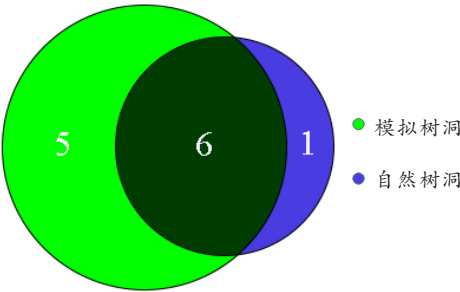


图 3 模拟树洞和自然树洞内物种群落韦恩图

异^[16]。此外,有研究表明,积水树洞水生群落的物种丰富度随洞口距离地面的高度增加而下降^[10],这也可能成为影响群落结构的潜在因素。还有一些难以直接测量的因素,如积水树洞的形成时间^[29]是影响群落结构的一大因素。在本研究中,自然树洞与模拟树洞的群落结构存在显著差异,这与其他研究结果一致^[1,9]。在本研究中,自然树洞内的绝大多数水生生物在模拟树洞内被发现,也说明了模拟树洞能够为水生生物提供相似的生存环境。模拟树洞的尺寸普遍大于自然树洞且容量、体积较为统一,吸引了更多的水生生物类群,也容纳了更多的水生生物,因而其生物多样性普遍显著高于自然树洞。自然树洞内水丝蚓是淡水中常见的底栖动物,多生活在有机质、腐殖质丰富的水生环境中^[29],模拟树洞仅3个月的野外设置周期很可能无法积累足够的腐殖质,不能为水丝蚓提供合适的生存环境。因此,模拟树洞群落组成很可能因试验周期和尺寸而与自然树洞有显著差异,并不能否定模拟树洞对自然树洞模拟的有效性。

在物种多样性高的西南地区,本研究初步明确了国内生存在热带季节雨林中积水树洞内的水生生物群落类群。该类群涉及广泛,主要是昆虫纲的幼虫和成虫,还有一些水生的寡毛纲生物和无尾目幼体。在本研究中,虽然模拟树洞内的生物多样性要显著高于自然树洞,但是模拟树洞内的水生生物类群囊括了绝大多数自然树洞内的水生生物类群,这说明使用容器模拟自然树洞的效果显著。模拟树洞能够为水生生物提供更加理想的生存条件,因而水生生物多样性高于自然树洞。

本研究说明在国内今后的研究工作中,能够使用容器来模拟自然树洞在野外进行控制试验,模拟树洞的尺寸及其他设置条件,可根据试验要求进行设定,以更深入地探究积水树洞内水生群落的影响因素,同时其也能成为理想的研究生态学的模型生态系统^[30]。

4 参考文献

- [1] BLAKELY T J, HARDING J S, DIDHAM R K. Distinctive aquatic assemblages in water-filled tree holes: a novel component of freshwater biodiversity in New Zealand temperate rainforests[J]. *Insect Conservation and Diversity*, 2012, 5(3): 202–212.
- [2] YANG J H, CHAN B P L. A new phytotelm-breeding treefrog of the genus *Nasutixalus* (Rhacophoridae) from western Yunnan of China[J]. *Zootaxa*, 2018, 4388(2): 191–206.
- [3] STEIN M, ALVAREZ C N, ALONSO A C, et al. New records of mosquitoes (Diptera: Culicidae) found in phytotelmata in northern Argentina[J]. *Zootaxa*, 2018, 4399(1): 87–100.
- [4] KITCHING R L. Food webs and container habitats[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [5] BLAKELY T J, DIDHAM R K. Tree holes in a mixed broad-leaf-podocarp rain forest, New Zealand[J]. *New Zealand Journal of Ecology Society*, 2008, 32(2): 197–208.
- [6] MANGUDO C, APARICIO J P, ROSSI G C, et al. Tree hole mosquito species composition and relative abundances differ between urban and adjacent forest habitats in northwestern Argentina[J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2018, 108(2): 203–212.
- [7] FENOLIO D B, WALVOORD M E, STOUT J F, et al. A new tree hole breeding *Anodonthyla* (Chordata: Anura: Microhylidae: Cophylinae) from low-altitude rainforests of the Masoala Peninsula, northeastern Madagascar[J]. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 2007, 120(1): 86–98.
- [8] POLHEMUS J T. Two new species of *Microvelia* from treeholes, with notes on other container-inhabiting veliid species (Heteroptera: Veliidae)[J]. *Journal of the New York Entomological Society*, 1999, 107(1): 31–37.
- [9] PETERMANN J S, ROHLAND A, SICHARDT N, et al. Forest management intensity affects aquatic communities in artificial tree holes[J]. *PLoS One*, 2016, 11(5): e0155549.
- [10] YANOVIK S P. Community structure in water-filled tree holes of Panama: effects of hole height and size[J]. *Selbyana*, 1999, 20(1): 106–115.
- [11] HARLAN N P, PARADISE C J. Do habitat size and shape modify abiotic factors and communities in artificial treeholes?[J]. *Community Ecology*, 2006, 7(2): 211–222.
- [12] 付小凤, 郭玉红, 龚正达, 等. 云南省沧源县班老乡居民区蚊类种群分布规律[J]. *中国校医*, 2014, 28(9): 689–690.
- [13] 邵秋雨, 董醇波, 张芝元, 等. 生长不同植物的刺槐树洞附生土中真菌群落组成的初步调查研究[J]. *菌物学报*, 2019, 38(6): 822–830.
- [14] YANOVIK S P. Container color and location affect macro-invertebrate community structure in artificial treeholes in Panama[J]. *The Florida Entomologist*, 2001, 84(2): 265–271.
- [15] WETERINGS R, UMPONSTIRA C, BUCKLEY H L. Container-breeding mosquitoes and predator community dynamics along an urban-forest gradient: the effects of habitat type and isolation[J]. *Basic and Applied Ecology*, 2014, 15(6): 486–495.
- [16] YANOVIK S P, LOUNIBOS L P, WEAVER S C. Land use affects macroinvertebrate community composition in phytotelmata in the Peruvian Amazon[J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2006, 99(6): 1172–1181.
- [17] YOSHIDA T, BAN Y, NAKAMURA A. Vertical stratification of invertebrate assemblages in water-filled treeholes of a temperate deciduous forest[J]. *Basic and Applied Ecology*, 2018, 27: 61–70.

(下转第 123 页)

表 1 不同栽培深度莪术产量、产值调查

栽培深度/cm	样方面积/hm ²	种植时间	采挖时间	产量/kg	单价/(元·kg ⁻¹)	产值/元
10	0.07	2019-03-08	2019-12-10	657	3	1 971
15	0.07	2019-03-08	2019-12-10	1 195	3	3 585
20	0.07	2019-03-08	2019-12-10	1 309	3	3 927
25	0.07	2019-03-08	2019-12-10	895	3	2 685

表 2 不同株距莪术产量、产值调查

栽培株距/cm	样方面积/hm ²	种植时间	采挖时间	产量/kg	单价/(元·kg ⁻¹)	产值/元
40	0.07	2019-03-10	2019-12-11	844	3	2 532
45	0.07	2019-03-10	2019-12-11	1 114	3	3 342
50	0.07	2019-03-10	2019-12-11	601	3	1 803

当郁闭度为 0.6 时,产量最高,达 1 178 kg;当郁闭度增大到 0.7、0.8 时,莪术产量逐渐降低。说明莪术是半阴性植物,最佳栽培郁闭度在 0.5~0.7 之间。

3 结论与讨论

试验结果表明,莪术属半阴性植物,在年平均气温 17℃、海拔 1 350 m、年降雨量 1 200 mm 地区生长

表 3 不同油茶郁闭度栽培莪术产量、产值调查

郁闭度	样方面积/hm ²	种植时间	采挖时间	产量/kg	单价/(元·kg ⁻¹)	产值/元
0.4	0.07	2019-03-12	2019-12-12	709	3	2 127
0.5	0.07	2019-03-12	2019-12-12	901	3	2 703
0.6	0.07	2019-03-12	2019-12-12	1 178	3	3 534
0.7	0.07	2019-03-12	2019-12-12	892	3	2 676
0.8	0.07	2019-03-12	2019-12-12	489	3	1 467

正常,喜 pH 值 6.3~6.5 的微酸性土壤;油茶林下栽培莪术,油茶林郁闭度应控制在 0.5~0.7 之间,莪术栽培深度 20 cm 左右、株行距为 45 cm×45 cm、栽植密度为 49 410 株/hm²。如果莪术栽培管理得当,平均产量可达 17 490 kg/hm²,产值 52 500 元/hm²,具有良好的经济效益。同时,通过油茶+莪术复合经营,大大提高了复种指数和土地的综合利用率,促进了油茶产量和品质的提升,获得了良好的综合效益。

4 参考文献

- [1] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [2] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [3] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [4] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [5] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [6] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.
- [7] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [8] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [9] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [10] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [11] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [12] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.
- [13] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [14] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [15] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [16] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [17] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [18] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.
- [19] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [20] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [21] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [22] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [23] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [24] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.
- [25] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [26] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [27] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [28] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [29] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [30] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.

- [1] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [2] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [3] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [4] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [5] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [6] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.
- [7] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [8] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [9] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [10] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [11] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [12] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.
- [13] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [14] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [15] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [16] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [17] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [18] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.
- [19] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [20] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [21] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [22] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [23] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [24] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.
- [25] 刘羿.县域森林可持续经营规划研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [26] 杨馥宁.江西省靖安县森林经营模式研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [27] 刘发林.湘鄂典型天然林结构功能与经营技术研究[D].长沙:中南林学院,2002.
- [28] 左丹丹,王涛,富蓉,等.蓬莪术栽培与采收加工技术[J].四川农业科技,2020(11):40-42.
- [29] 黄云峰,徐传贵,韦贵元.广西莪术的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):104-110.
- [30] 吴庆华,黄宝优,韦荣昌.广西莪术地膜覆盖栽培技术规范[J].热带农业科学,2018,38(9):30-34.