

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201308023

李保贵. 西双版纳勐腊望天树热带季节雨林蕨类植物组成及生态特征[J]. 广西植物, 2015, 35(1):42-52

Li BG. Floristic composition and ecological characteristics of ferns in a tropical dipterocarp rainforest in Mengla, Xishuangbanna[J]. *Guihaia*, 2015, 35(1):42-52

西双版纳勐腊望天树热带季节雨林 蕨类植物组成及生态特征

李保贵

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303)

摘 要: 采用生态学样方调查及统计学方法,研究了云南勐腊望天树热带季节性雨林蕨类植物的组成及生态特征。结果表明:在 1 hm²(4 个 50 m×50 m,含 400 个 5 m×5 m 小样方)面积的样地里,记录有蕨类植物 48 种 13 159 株(丛);在生态特征上,40 个地生蕨类的盖度之和占调查样地面积的 22.45%,缺乏高盖度级种类;黑鳞轴脉蕨、长叶实蕨、多形叉蕨等属高频度级种类;长叶实蕨、多形叉蕨、黑鳞轴脉蕨、毛柄短肠蕨、薄叶牙蕨、思茅叉蕨等种的重要值之和占 86.31%,它们是望天树林蕨类植物的典型代表种。生活型组成上,以地面芽植物占优势(达 80%)。叶质主要由纸质叶(占 54.17%)和草质叶(占 27.08%)种类组成;叶形主要由羽状复叶种类组成(89.58%)。与西双版纳相同取样面积的山地常绿阔叶林比较,望天树林蕨类植物的种数及种群数量分别是山地常绿阔叶林的 1.55 倍及 2.23 倍。同一地区不同海拔和生境异质性是导致蕨类植物组成不同、种群数量变化的主要原因。该研究揭示了赤道热带北缘热带雨林蕨类植物的组成及生态特征,有利于与其它热带地区蕨类植物作进一步的比较研究。

关键词: 云南勐腊; 望天树林; 蕨类组成; 生态特征

中图分类号: Q948.1; Q949.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2015)01-0042-11

Floristic composition and ecological characteristics of ferns in a tropical dipterocarp rainforest in Mengla, Xishuangbanna

LI Bao-Gui

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China)

Abstract: Based on ecological plot survey and statistical analysis, the species composition and ecological characteristics of the ferns in the dipterocarp rain forest in Mengla, southern Yunnan were studied. In a 1 hm² sampling plot (4 sub-plots of 50 m×50 m, with 400 small quadrats of 5 m×5 m), 48 species with 13 159 individuals were recorded. In ecological characteristics, 40 species of non epiphytical ferns had 22.45% coverage of the plot area, but lack of species with high coverage. *Tectaria fuscipes*, *Bolbitis heteroclita*, *Tectaria polymorpha* had high frequency distributions, and *Bolbitis heteroclita*, *Tectaria polymorpha*, *T. fuscipes*, *Diplazium dilatatum*, *Pteridrys cnemidaria*, *Tectaria herpetocoulos* contributed 86.31% of important values in the plot. They were the representatives of the ferns in the dipterocarp forest. In life forms, hemicryptophytes contributed 80% of the total species. The species with chartaceous leaves made up 54.17% of the total species, and herbaceous leaves made up 27.08%. In leaf types, the species with pinnate leaves contributed to 89.58% of the total species. Compared to the tropical montane evergreen broad-leaved forest with 1 hm² sampling area in Xishuangbanna, the number and dominance of fern species in the dipterocarp rain

收稿日期: 2014-06-28 修回日期: 2014-08-25

基金项目: 国家自然科学基金(41071040, 31170195); 西双版纳热带植物园迁地保护编目及信息标准化(YOGK011B01)。

作者简介: 李保贵(1958-), 男, 河南荥阳市人, 高级实验师, 主要从事热带植物生态及蕨类植物研究, (E-mail)lbg@xtbg.org.cn。

forest were conspicuously more. The different altitude and habitats were the main factors to species composition and their populations. The results could be helpful to make comparison with other tropical forests.

Key words: Mengla of Yunnan; fern forest; floristic composition; ecological characteristics

望天树(*Shorea chinensis*)是1975年在我国云南省勐腊县发现的龙脑香科植物,被列为国家一级保护的珍稀濒危植物。以其为优势的望天树林是东南亚热带龙脑香林嵌入我国滇南的热带雨林北部边缘类型(朱华,1992)。这种潮湿的热带雨林是蕨类植物生长繁衍的理想地,为此,在这里生长着较多蕨类植物,但至今对该类森林里蕨类植物的调查研究并不多。虽然,自望天树发现的30多年来,国内不少学者就望天树林的植被(朱华,1993)、群落生态学(朱华,1992)、群落结构分析(王兰新等,2007)及望天树的形态特征(朱华,2000)、生态学(朱华,1992)、种群动态(赵学农等,1990)、种群结构与动态(赵学农等,1996)、望天树种群的密度、结构和生物量(唐建维等,2008)等有过调查研究,但极少文章提到蕨类。在以往西双版纳热带森林(包括望天树林)群落生态学调查研究中(朱华等,1998,2000;李宗善等,2005;李冬等,2006),对草本层植物的调查一般只采取在50 m×50 m、30 m×20 m、30 m×25 m等面积样地的4个角和中央各设1个1 m×1 m的小样方,据我们多年掌握的情况,这样的调查并不能代表该森林群落中蕨类的物种多样性及数量特征等。如勐腊广纳里望天树林0.15 hm²样地调查中(西双版纳自然保护区考察报告集,1985),才涉及蕨类植物一个(崖姜蕨 *Aglaomorpha coronans*);在2个50 m×50 m样地望天树林群落生态学研究仅记录了蕨类植物7个地生种及3个附生种(朱华,1992);在800 hm²勐腊补蚌龙脑香林植物区系调查研究中也仅记录了蕨类植物13科15属20种(朱华,2000);再如,在一些望天树林的群落组成和结构特征研究(汤明华,2007)中未涉及蕨类。

蕨类植物是热带森林生态系统中的重要组成部分,有必要对它们作进一步研究。本文在较大面积里采用植物群落学研究方法,对补蚌望天树林的蕨类进行了调查,拟通过这一研究,为进一步阐明该森林群落蕨类的组成及其生态学意义提供参考。

1 研究地基本情况

研究地点位于西双版纳国家级自然保护区

勐腊补蚌片区的白沙河,约21°25' N,101°34' E,海拔700~750 m;年均温20℃以上,>10℃年积温7 639℃;最热月均温24℃,最冷月均温15.2℃;年降雨量1 500 mm以上,相对湿度86%。有明显干、湿季,干季(11月至次年4月)降雨仅281.6 mm,占全年降雨量的18.4%。虽然干季降雨少,但本地干季的浓雾(年雾日达146.4日,日雾露水量达1 ram)补偿了降雨的不足。该地受西南季风影响,属热带北缘气候区。土壤为热带北缘地带性土壤——砖红壤。西双版纳勐腊补蚌一带的望天树林主要沿白沙河、南杭河、南腊河、灰阴河、灰庚河及回都河等河流呈条状或块片状分布,海拔为700~950 m,尤以白沙河(海拔约700 m)及灰阴河(海拔约800 m)等分布最为集中。

2 调查研究方法

2.1 样地设置及调查

在沿补蚌白沙河两边较典型望天树林的4处,分别设50 m×50 m调查研究样地,4个样地涵盖面积在5 hm²以上,即在约5 hm²面积上设4个50 m×50 m样地,样地依次编号为A、B、C、D。采用相邻样方格子法(董鸣,1997),在每个2 500 m²面积上设基本格子100个(小样方),共得400个5 m×5 m的小样方。对样地内出现地生蕨类的每一个个体均测量高度、冠幅及记录生活型等。

对根状茎直立或斜生的蕨类,以每一个独立个体记录为一株(或丛)。根状茎横走的种类,根据在自然条件下,通过根状茎延长断裂或失去功能后,形成多个遗传结构一致的新个体记录为一株,即分株。对具有无性系生长习性蕨类,以每一无性系生长的分株为一株(董鸣,1996)。

有些附生蕨类往往附生在较高的树上,不便测量,为此,附生蕨类的盖度(即冠幅)未调查,但对它们在每个小样方的种群数量及附生高度等进行调查记录。森林群落中一些大高位芽附生蕨类(巢蕨3个种)由于附生较高,在地面上不能准确确定它们的种类,将它们一并记录为巢蕨(*Asplenium* spp.)。

2.2 研究方法

根据植物群落生态学的统计研究方法(孙儒泳

等,1993;赵志模等,1990;陶玲等,2004),对在 400 个 5 m×5 m 小样方里获取的数据,进行种群数量、相对多度、相对频度、相对盖度、存在度(频度级)及重要值等基本数量指标的统计、计算与分析。

重要值采用孙儒泳等(1993)的计算方法:重要值($IV\%$) = 相对多度($A\%$) + 相对频度($F\%$) + 相对盖度($C\%$)。

按照有关植物生活型的划分(李博,2000),统计分析了蕨类植物的生活型组成;依据有关植物志(秦仁昌等,1990;朱维明等,1999,2006;孔宪需等,2001;王培善等,2001;林尤兴等,2000;张宪春等,2004;陈晓等,2005;Smitinand *et al.*,1989)及参考有关研究资料,对它们的外貌形态特征,如叶形、叶质等也分别进行了统计分析。

巢蕨 3 个种,分别是巢蕨(*Asplenium nidus*)、长叶巢蕨(*A. phyllitidis*)及狭叶巢蕨(*A. simonsiana*),在相对多度、相对频度等统计中,将它们一并作为巢蕨(*Asplenium* spp.)统计。本文蕨类科、属按照新的分类系统,即 APG 系统(Christenhusz *et al.*,2011;张宪春,2012)进行了归并。

3 结果与分析

3.1 样地基本情况

4 个样地均处在一条河沟同一生境的自然保护区,群落结构一致;森林保存较好,属典型的南亚热带北缘性热带季节雨林类型。森林群落层次结构复杂,从上到下可分 6 层,即乔木 4 层、幼灌层和草本层。群落外貌表现为具有显著耸出巨树,上层乔木多具板根,干季上层乔木部分落叶(朱华,1992);中、下层乔木常绿,茎、花现象明显;大型木质藤本及草本植物丰富,大型附生植物种群数量较大。

乔木树种主要有望天树(A 层几乎全是)、番龙眼(*Pometia tomentosa*)、浆果乌桕(*Sapium baccatum*)、缅甸漆(*Semecarpus reticulata*)、多花嘉榄(*Garruga floribunda* var. *gamblei*)、红椿(*Toona ciliata*)、毗黎勒(*Teminalia bellitica*)、小叶藤黄(*Garcinia cowa*)、假海桐(*Pittosporopsis kerri*)、尖尾榕(*Ficus langkokensis*)、勒巴木(*Lasiococca comberi* var. *psrudoverticellata*)、红光树(*Knema furfuracea*)、金钩花(*Pseudounaria indochinensis*)、金刀木(*Barringtonia macrostachya*)、大叶白颜树(*Gironnia subaequalis*)、火烧花(*Mayodendron igneum*)、

五桠果叶木姜子(*Litsea dillenioefolia*)、三桠果(*Baccaurea ramiflora*)、毒鼠子(*Dichaprtalum gelonioides*)、滇南溪桫(*Chisocheiton siamensis*)、黑毛柿(*Diospyros hasseltii*)、阔叶蒲桃(*Syzygium latilimbium*)等。灌木主要有染木(*Syprosuma ternatum*)、勐腊黑实(*Dryprtes gracilis*)、包茎山丹(*Ixora amplexicaulis*)、斜基粗叶木(*Lasianthus uallichii*)、锡金粗叶木(*L. sikkimensis*)、药用狗牙花(*Enatamia officinalis*)、尖叶木(*Urophyllum sinense*)、长裂藤黄(*Garcinia lancilimba*)、矮龙血树(*Dracaena terniflora*)、鱼尾葵(*Caryota ochlandra*)等。草本层主要有虾蟆花(*Acanthus laucostachys*)、柃叶(*Phrynium capitatum*)、尖果穿鞘花(*Amisotolype hookeri*)、线柱苣苔(*Rhynchoechum obovatum*)、三匹箭(*Arisaema inkianense*)、木根沿阶草(*Ophiopogon xyloorrhizus*)、小果山菠萝(*Pandanus tonkinensis*)、歪叶秋海棠(*Begonia prostrata*)、姜科植物及蕨类植物多种。藤本植物主要是扁担藤(*Tetrastigma planicaule*)、刺果藤(*Bythneria integrifolia*)、买麻藤(*Gentum montanum*)、鸡血藤(*Millettia dowardii*)、滇南素馨(*Jasminum wangii*)、马钱(*Strychnos* spp.)、省藤(*Calamus* spp.)等。附生植物主要有大叶崖角藤(*Rhaphidophora megaphylla*)、上树蜈蚣(*R. landifolia*)、爬树龙(*R. decursiva*)、跌打螳螂(*Pothos scandens*)、巢蕨(*Asplenium* spp.)及兰花多种等。

3.2 蕨类植物组成

据统计,勐腊补蚌 1 hm² 望天树林有蕨类植物 48 种,隶属于 13 个科,20 个属,主要以三叉蕨科(2 属 10 种)、铁角蕨科(2 属 7 种)、鳞毛蕨科(4 属 6 种)、金星蕨科(1 属 6 种)、蹄盖蕨科(1 属 5 种)、水龙骨科(2 属 3 种)、凤尾蕨科(2 属 3 种)的属、种组成,属这 7 个科的属、种分别占该蕨类区系属、种总数的 70%、83.3%。从调查的蕨类植物科、属组成分析结果看,热带和主产热带的科、属分别为 64.29%、92.31%,也显示其热带性。

在种组成上,除厚叶铁角蕨(*Asplenium griffithianum*)、渐尖毛蕨(*Cyclosorus acuminatus*)为东亚分布种外,其余均属热带分布种类,其中狭翅短肠蕨(*Diplazium alatum*)为中国特有种;云南及版纳特有分布各 2 种,分别是云南勒毛蕨(*Ctenitis yunnanensis*)、宽羽实蕨(*Bolbitis latipinna*)及中间叉蕨(*Tectaria simulans*)、狭基叉蕨(*T. polymorpha*)。

表 1 勐腊望天树林(1 hm²)蕨类植物科、属、种的组成Table 1 Composition of family, genus and species in 1 hm² of the *Shorea chinensis* forest in Mengla

科名 Name of family	属名 Name of genera	样地 A 种数 No. of species in plot A	样地 B 种数 No. of species in plot B	样地 C 种数 No. of species in plot C	样地 D 种数 No. of species in plot D	4 个样地共计种数 Total No. of species
铁角蕨科 Aspleniaceae	铁角蕨属 <i>Asplenium</i>	3	5	5	7	7
蹄盖蕨科 Athyriaceae	双盖蕨属 <i>Diplazium</i>	4	4	4	2	5
桫欏科 Cyatheaceae	黑桫欏属 <i>Gymnosphaera</i>	1	—	—	—	1
碗蕨科 Dennstaedtiaceae	鳞盖蕨属 <i>Microlepia</i>	—	—	1	—	1
鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	复叶耳蕨属 <i>Arachniodes</i>	—	—	1	—	1
鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	实蕨属 <i>Bolbitis</i>	3	3	2	2	3
鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	勒毛蕨属 <i>Ctenitis</i>	1	—	—	—	1
鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	黄腺羽蕨属 <i>Pleocnemia</i>	—	1	1	1	1
膜蕨科 Hymenophyllaceae	假脉蕨属 <i>Crepidomanes</i>	—	—	—	1	1
膜蕨科 Hymenophyllaceae	瓶蕨属 <i>Vandenboschia</i>	—	1	1	1	1
合囊蕨科 Marattiaceae	观音座莲属 <i>Angiopteris</i>	1	1	1	—	1
水龙骨科 Polypodiaceae	薄唇蕨属 <i>Leptochilus</i>	2	2	2	2	2
水龙骨科 Polypodiaceae	星蕨属 <i>Microsorium</i>	1	1	1	1	1
凤尾蕨科 Pteridaceae	车前蕨属 <i>Antrophyum</i>	1	—	—	—	1
凤尾蕨科 Pteridaceae	凤尾蕨属 <i>Pteris</i>	1	1	2	2	2
轴果蕨科 Rhachidosoraceae	轴果蕨属 <i>Rhachidosorus</i>	—	1	—	—	1
卷柏科 Selaginellaceae	卷柏属 <i>Selaginella</i>	2	1	1	2	2
叉蕨科 Tectariaceae	牙蕨属 <i>Pteridrys</i>	1	1	1	1	1
叉蕨科 Tectariaceae	三叉蕨属 <i>Tectaria</i>	8	6	7	6	9
金星蕨科 Thelypteridaceae	毛蕨属 <i>Cyclosorus</i>	3	4	5	4	6
合计 Total		35	32	35	32	48

var. *subcuneata*)。种类组成特点表现为没有世界广布种;特有现象较显著(占 10.42%);附生蕨种类不多,但一些种类的种群数量较大(如巢蕨 *Asplenium* spp.);由于处于热带北缘,从水分、热量及海拔等热带雨林的基本条件上看,已是热带雨林分布的极限(朱华等,1992,2000),所以,虽有较强的热带性,但较典型热带分布类群并不十分突出。

4 数量特征

根据(朱华,2000)对该森林群落种子植物区系研究,以热带和主产热带的科占优势,属热带性质植

物区系,并表现有明显热带北缘性质,即从有重要地位的科来看,几乎全是热带科,包含了最多比森林群落植物组成的数量特征,不仅是衡量或反映该物种在森林群落中重要性的一些数量指标,也是研究森林群落物种组成、结构及群落间物种组成差异性比较分析研究的重要依据。

4.1 多度

48 种蕨类的个体数量为 13 159 株(丛),其中 100 株以上(128~2 199 株)的有 16 个种(包含巢蕨属的 3 个附生种),依次分别是黑鳞轴脉蕨(2 199 株)、长叶实蕨(1 909)、多形叉蕨(1 751)、思茅叉蕨(1 183)、半边铁角蕨(864)、毛柄短肠蕨(804)、曲边

表 2 勐腊望天树林 1 hm²样地(400 个 5 m×5 m)蕨类植物数量特征
Table 2 Important values of fern species from 1 hm² cumulative sampling area

物种编号 No.	种名 Name of species	相对多度 Relative abundance (%)	相对频度 Relative frequency (%)	存在度 Presence (5 级)	重要值 * Importance value	繁殖方式 Reproduction strategy
1	长叶实蕨 <i>Bolbitis heteroclita</i>	14.51	8.73	IV	54.75	有性及无性 Sexual or no sexual- reproduction
2	多形叉蕨 <i>Tectaria polymorpha</i>	13.31	8.08	IV	36.12	有性 Sexual reproduction
3	黑鳞轴脉蕨 <i>T. fuscipes</i>	16.71	11.59	V	33.39	有性 Sexual reproduction
4	毛柄短肠蕨 <i>Diplazium dilatatum</i>	6.11	6.97	III	27.19	有性 Sexual reproduction
5	薄叶牙蕨 <i>Pteridrys cnemidaria</i>	2.93	5.95	III	23.88	有性 Sexual reproduction
6	思茅叉蕨 <i>Tectaria herpetocoulos</i>	8.99	6.48	III	23.23	有性 Sexual reproduction
7	半边铁角蕨 <i>Hymenasplenium unilaterale</i>	6.56	6.29	III	16.05	有性 Sexual reproduction
8	芽孢叉蕨 <i>Tectaria fauriei</i>	5.42	3.05	II	15.03	有性及无性 Sexual or no sexual- reproduction
9	曲边线蕨 <i>Leptochilus ellipticus</i> var. <i>flexilobus</i>	5.78	4.78	II	14.67	有性 Sexual reproduction
10	黑顶卷柏 <i>Selaginella picta</i> f. <i>viridis</i>	5.39	5.71	III	14.63	有性 Sexual reproduction
11	切边铁角蕨 <i>Hymenasplenium excisum</i>	1.94	3.27	II	6.44	有性 Sexual reproduction
12	燕尾叉蕨 <i>Tectaria simonsii</i>	0.97	3.02	II	5.57	有性 Sexual reproduction
13	黄腺羽蕨 <i>Pleocnemia winitii</i>	0.54	1.76	I	4.55	有性 Sexual reproduction
14	中间叉蕨 <i>Tectaria simulans</i>	1.24	1.45	I	3.96	有性 Sexual reproduction
15	光脚短肠蕨 <i>Diplazium doederleinii</i>	0.59	0.59	I	2.28	有性 Sexual reproduction
16	似薄唇蕨 <i>Leptochilus decurens</i>	0.51	1.27	I	2.22	有性 Sexual reproduction
17	林下凤尾蕨 <i>Pteris grevilleana</i>	0.45	1.27	I	2.14	有性 Sexual reproduction
18	羽裂短肠蕨 <i>Diplazium pinatifidopinnatum</i>	0.49	0.89	I	1.95	有性 Sexual reproduction
19	新月蕨 <i>Cyclosorus gymnopteridifrons</i>	0.54	0.77	I	1.73	有性 Sexual reproduction
20	羽裂星蕨 <i>Microsorium dilatatum</i>	0.27	0.89	I	1.63	有性 Sexual reproduction
21	截裂毛蕨 <i>Cyclosorus truncatus</i>	0.15	0.52	I	1.51	有性 Sexual reproduction
22	中华刺蕨 <i>Bolbitis sinensis</i>	0.5	0.34	I	1.19	有性及无性 Sexual or no sexual- reproduction
23	宽羽实蕨 <i>B. latipinna</i>	0.37	0.31	I	1	有性 Sexual reproduction
24	展羽毛蕨 <i>Cyclosorus evolutus</i>	0.11	0.43	I	0.79	有性 Sexual reproduction
25	披针叶莲座蕨 <i>Angiopteris caudatiformis</i>	0.06	0.25	I	0.66	有性 Sexual reproduction
26	渐尖毛蕨 <i>Cyclosorus acuminatus</i>	0.06	0.22	I	0.41	有性 Sexual reproduction
27	鳞柄毛蕨 <i>C. crinipes</i>	0.05	0.15	I	0.39	有性 Sexual reproduction
28	双盖蕨 <i>Diplazium donianum</i>	0.09	0.18	I	0.38	有性 Sexual reproduction

续表 2

物种编号 No.	种名 Name of species	相对多度 Relative abundance (%)	相对频度 Relative frequency (%)	存在度 Presence (5 级)	重要值 * Importance value	繁殖方式 Reproduction strategy
29	大叶黑桫欏 <i>Gymnosphaera gigantea</i>	0.01	0.03	I	0.38	有性 Sexual reproduction
30	阔叶凤尾蕨 <i>Pteris esquirolii</i>	0.06	0.22	I	0.36	有性 Sexual reproduction
31	薄叶卷柏 <i>Selaginella delicatula</i>	0.08	0.18	I	0.35	有性 Sexual reproduction
32	狭翅短肠蕨 <i>Diplazium alatum</i>	0.05	0.12	I	0.28	有性 Sexual reproduction
33	热带磷盖蕨 <i>Microlepia speluncae</i>	0.02	0.06	I	0.19	有性 Sexual reproduction
34	大羽新月蕨 <i>Cyclosorus nudatus</i>	0.01	0.03	I	0.19	有性 Sexual reproduction
35	狭基叉蕨 <i>Tectaria polymorpha</i> var. <i>subcuneata</i>	0.03	0.09	I	0.17	有性 Sexual reproduction
36	下延叉蕨 <i>T. decurrens</i>	0.02	0.03	I	0.08	有性及无性 Sexual or no sexual- reproduction
37	云南勒毛蕨 <i>Ctenitis yunnanensis</i>	0.02	0.03	I	0.08	有性 Sexual reproduction
38	脆叶轴果蕨 <i>Rhachidosorus blotianus</i>	0.01	0.03	I	0.06	有性 Sexual reproduction
39	清秀复叶耳蕨 <i>Arachniodes spectabilis</i>	0.01	0.03	I	0.06	有性 Sexual reproduction
40	三叉蕨 <i>Tectaria subtriphyllo</i>	0.01	0.03	I	0.06	有性 Sexual reproduction
41-43	巢蕨 <i>Asplenium</i> spp.	4.72	12.87	V	—	有性 Sexual reproduction
44	漏斗瓶蕨 <i>Vandenboschia naseana</i>	0.23	0.86	I	—	有性 Sexual reproduction
45	厚叶铁角蕨 <i>Asplenium griffithianum</i>	0.04	0.03	I	—	有性 Sexual reproduction
46	美叶车前蕨 <i>Antrophyum callifolium</i>	0.02	0.06	I	—	有性 Sexual reproduction
47	大羽铁角蕨 <i>Asplenium neolaserpitiiifolium</i>	0.02	0.06	I	—	有性 Sexual reproduction
48	长柄假脉蕨 <i>Crepidomanes racemosum</i>	0.01	0.03	I	—	有性 Sexual reproduction
	合计 Total	100	100	—	300	—

线蕨(761)、芽孢叉蕨(714)、黑顶卷柏(709)、薄叶牙蕨(386)、切边铁角蕨(256)、中间叉蕨(163)、燕尾叉蕨(128)及巢蕨 3 个种(621); 有 75% 的种类, 相对多度在 2% 以下(即个体数量在 80 株以下), 其中 12 株以下的种类有 20 个, 占 41.67%。总的看来, 该森林群落中绝大多数物种的个体数量较小, 附生种中, 种群数量较大的是 3 种巢蕨植物。

4.2 密度

在 4 个 50 m × 50 m 样地里, 蕨类植物种和种群密度分别在 1 种/71.43~80.65 m² 和 1 株/0.68~1 株/0.81 m²; 如果按 1 hm² 面积统计, 种及种群密度是 1 种/208 m² 及 1 株/0.76 m²。统计结果显示, 在 4 个 0.25 hm² 面积上, 种密度和种群密度的变化并不显著; 但在 0.25 hm² 与 1 hm² 的面积间, 种密度

变化较显著(0.25 hm² 上种密度显著高于 1 hm² 面积); 不论在 0.25 hm² 上, 还是 1 hm² 里, 种群密度均较高, 变化不明显。

从每个具体的种来看, 种群相对密度较大的种并不多, 相对密度在 10 以上的仅 3 个种(除巢蕨 *Asplenium* spp.), 分别是黑鳞轴脉蕨(在 0.25 hm² 上为 1 株/3~5 m², 在 1 hm² 里为 1 株/4 m²)、长叶实蕨(1 株/4~6 m², 1 株/5 m²)、多形叉蕨(1 株/4~7 m², 1 株/5 m²), 而且, 这 3 个种在 0.25 hm² 与 1 hm² 两种面积里, 种群密度的变化不显著。

4.3 盖度

在 1 hm² 面积上 40 个地生蕨种的盖度之和为 2 244.51 m², 其中盖度在 100 m² 以上的有 7 个种, 分别是黑鳞轴脉蕨(333.15 m²)、长叶实蕨(752.74

m²)、薄叶牙蕨(356.2 m²)、多形叉蕨(326.79 m²)、毛柄短肠蕨(325.22 m²)、思茅叉蕨(160.15 m²)、芽孢叉蕨(148.18 m²)。如果按照 Braun-Blanquet 盖度级等级(5级)划分(江汉侨等,2005),该森林群落蕨类植物缺乏盖度级较大的种,中等盖度级种也仅占 15%,低盖度级种类占 85%。见图 1。

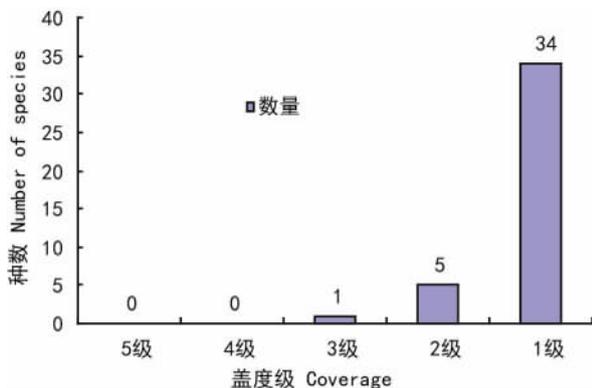


图 1 望天树林地生蕨类植物盖度级柱状图

Fig. 1 Histogram of ferns coverage in *Shorea chinensis* rainforest

4.4 频度

根据 400 个小样方调查数据,通过频度及存在度的计算与统计,结果见表 2。在半数以上小样方中出现的有 6 个种,占 12.5%;在 1/3 个小样方中出现的种有 11 个,占 22.92%。按存在度(或频度级)5 级划分(姜汉侨等,2005),并结合图 2 看,出现样方数达到 D 和 E,即高频度级的种类仅 4 种(巢蕨 *Asplenium* spp.的 3 个种作一个种处理),占 8.70%,它们是黑鳞轴脉蕨、长叶实蕨、多形叉蕨,分别在 376 个、283 个和 362 小样方中出现;中等频度级(B 和 C)的种类有 9 种,占 19.56%;低频度级的种类占 71.74%,其中披针叶莲座蕨出现的样方数为 8,渐尖毛蕨和阔叶凤尾蕨是 7,双盖蕨和薄叶卷柏是 6,鳞柄毛蕨、狭翅短肠蕨、狭基叉蕨分别是 5、4、3,热带磷盖蕨、美叶车前蕨、大羽铁角蕨为 2,厚叶铁角蕨、下延叉蕨、云南肋毛蕨、大叶黑桫椤、大羽新月蕨、脆叶轴果蕨、清秀复叶耳蕨、三叉蕨、长柄假脉蕨等仅在 1 个小样方中出现。

生境的异质性可导致蕨类植物的分布不均匀(李保贵等,2005),从表 2 和图 2 看出,即使是在同一生境情况下,绝大多数蕨类植物仍然分布不均匀,多数种类只在个别的小样方中出现。森林群落中蕨类植物这种不均匀分布的现象在“广东古兜山自然

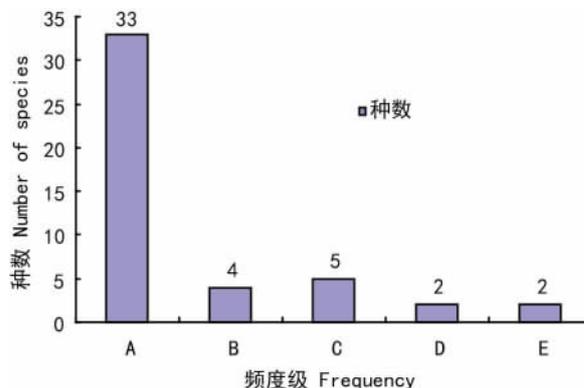


图 2 望天树林地生蕨类植物频度级柱状图

Fig. 2 Histogram of ferns frequency in *Shorea chinensis* tropical rainforest

保护区蕨类植物群落”中及西双版纳热带山地常绿阔叶林中均存在。

4.5 重要值

表 4 显示,单种重要值在 10 以上的有 10 个种(其中在 50 以上的为长叶实蕨),它们的重要值之和占重要值总和的 86.31%;其余(清秀复叶耳蕨除外)即生长在西双版纳热带季节雨林,也在山地常绿阔叶林中出现外,别的种类虽然单种重要值不高,但通过我们多年调查掌握的材料看,它们几乎也是西双版纳热带季节雨林或沟谷林雨林的常见种,可将它们视为西双版纳热带季节雨林或沟谷雨林的伴随种,或称“偏宜种(selective species)”或“适宜种(prefierential species)”(陶玲等,2004)。

森林群落中蕨类植物“长尾”效应(Walker *et al.*,1999),不仅在西双版纳热带山地常绿阔叶林蕨类植物中较明显,而在西双版纳望天树林蕨类植物组成中也同样存在,详见图 3(不包括附生种)。

5 生活型及叶形、叶质

植物常会在生活型及叶质、叶形等方面作出一系列适应现象,如在干燥环境的森林中,常表现为单叶、小型及革质叶的种类较多,而在潮湿的森林中,复叶、大型及草质、纸质叶的种类居多。不同的森林类型有不同的生境条件,植物生活型的表现与森林类型或生态环境有着密切的相关性,常以温度、湿度、水分及光照等环境要素来揭示植物生活型组成的基本特征,所以调查统计分析植物的生活型也是揭示不同森林蕨类植物组成的基础。

表 3 蕨类植物在季节雨林(1 hm²)与山地常绿阔叶林(1 hm²)的比较
Table 3 Comparison of the ferns between *S. chinensis* tropical rainforest and tropical montane evergreen broad-leaved forest in Xishuangbanna

项目 Item		勐腊补蚌望天树季节雨林 <i>S. chinensis</i> tropical rainforest	勐腊南贡山地常绿阔叶林 Tropical evergreen broad-leaved forest	备注 Remark		
数量特征 Characteristics	物种数量 Number of species	—	48	31	种 Species	
	种群数量(多度) Population	—	13 159	5 894	株 Plant	
	密度 Density	种群密度 Species density	0.0048/m ²	0.0031/m ²	种/面积 Plant/area	
		种群密度 Population density	1.3159/m ²	0.5894/m ²	株/面积 Plant/area	
	盖度 Coverage	—	4 309.83	4 547.71	不包括附生种 Not including epiphytic species	
	盖度级 Degree of coverage	1 级 Level 1	34/85	22/84.61	种数/占% No. of species	
	(不包括附生种) (without epiphytic species)	2 级 Level 2	5/12.5	3/11.54		
		3 级 Level 3	1/2.5	—/—		
		4 级 Level 4	—/—	1/3.85		
		5 级 Level 5	—/—	—/—		
生活型 Life form	频度级 Frequency	A 级 Level A	33/71.74	27/87.09	种数/占% No. of species	
	(包括附生种) (with epiphytic species)	B 级 Level B	4/8.69	1/3.23		
		C 级 Level C	5/10.87	1/3.23		
		D 级 Level D	2/4.35	2/6.45		
		E 级 Level E	2/4.35	—/—		
	重要值在 10 以上 IV>10	—	10/86.31%	6/84.02%		种数/占% No. of species
	地下芽 Geophytes	—	3/6.25	10/32.26		
叶形 Leaf type	地面芽 Hemicryptophytes	—	23/47.92	11/35.48	种数/占% No. of species	
	地上芽 Chamaephytes	—	13/27.08	3/9.68		
	高位芽 Phanerophytes	—	1/2.08	2/6.45		
	附生(高位芽) Epiphytes	—	8/16.67	5/16.13		
	单叶 Single leaves	—	5/10.42	5/16.13		
叶质 Leaf texture	一回羽状 Pinate leaves	—	23/47.92	17/54.84	种数/占% No. of species	
	二回羽状 Bipinnate leaves	—	12/25.00	3/9.68		
	三回羽状以上 Tripinnate leaves	—	8/16.67	6/19.36		
	肉质 Succulence	—	1/2.08	—/—		
	膜质 Filmy	—	2/4.17	—/—		
	革质 Leathery	—	6/12.50	12/38.71		
	纸质 Papery	—	26/54.17	14/45.16		
	草质 Herbaceous	—	13/27.08	5/16.13		

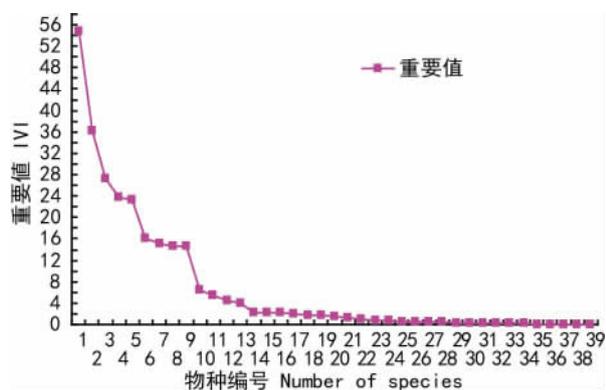


图 3 望天树林蕨类植物重要值

Fig. 3 Curve of importance value of ferns in *Shorea chinensis* tropical rainforest

5.1 生活型

该森林群落中有近 80% 的种类是地面芽和地上芽,生活型组成依次为地面芽 23 种(47.92%)→地上芽 13 种(27.08%)→附生高位芽 8 种(16.67%)→地下芽 3 种(6.25%)→地生高位芽种 1(2.08%)。

地上芽中,毛柄短肠蕨、薄叶牙蕨的地上茎或地上芽相当显著,高达 50 cm;多形叉蕨、截裂毛蕨分别为 30 cm 及 28 cm;其余 9 个种地上芽现象也较明显,分别在 10~20 cm 之间,其中狭翅短肠蕨、黑鳞轴脉蕨、黄腺羽蕨均达 20 cm,披针叶莲座蕨为 15 cm,羽裂短肠蕨、芽孢叉蕨、鳞柄毛蕨、燕尾叉蕨、中间叉蕨均达 10 cm;从 9 个高位芽蕨种看,除地生种大叶黑桫欏外,附生种的附生高度,均在 1.2 m 以上,如巢蕨 3 个种的附生高度为 40~50 m。

5.2 叶质

植物为保持或维持植物体水分及光合作用需要,在植物的叶质上常表现出适应环境条件的生态特征,如革质叶能反射过强的阳光,免遭灼伤和减少蒸腾;纸质叶对林下弱光的吸收最为有效。统计结果显示,该森林群落中蕨类主要以纸质叶和草质叶种类组成,由高到低依次是纸质 26 种(占 54.17%)→草质 13 种(27.08%)→革质 6 种(12.5%)→膜质叶 2 种(4.17%)→肉质叶 1 种(2.08%)。叶质作为森林群落的一个生态特征在种子植物中有明显的表现,如朱华等(2000)对西双版纳山地常绿阔叶林(季风常绿阔叶林)和望天树林种子植物的研究结果表明:山地常绿阔叶林一般以革质叶占优势;望天树林就整个群落而言,非革质叶比例高于革质叶。从本文对望天树林蕨类植物的调查统计结果看,也表

现出明显类似的生态特征。

5.3 叶形

就蕨类而言,频繁出现在生境潮湿森林群落中的往往是那些叶片大且分裂度细的种类,这是植物长期在该环境条件下生长而形成的特定外貌形态特征。统计结果依次是一回羽状 23 种→二回羽状 12 种→三回羽状及以上 8 种→单叶 5 种(似薄唇蕨、美叶车前蕨、巢蕨属 3 个种)。显然,望天树林蕨类羽状复叶种所占的比例相当高(89.58%),其中二回羽状以上种类占 41.67%,望天树林蕨类这种丰富的羽状复叶现象是热带雨林一个重要的生态特征。按一般原则而言,蕨类在热带季节雨林中,应该是分裂程度低或少的种类较少,从统计结果看,虽然出现了 5 个单叶种,但其中有一个是地生种(似薄唇蕨)和一个附生种(美叶车前蕨)为潮湿热带沟谷林的常见种,其余 3 个种为巢蕨属大型叶附生种类,它们均属亚洲热带雨林中的常见种(其中巢蕨向西可分布非洲及向东南可达大洋洲的潮湿雨林中)。

6 与山地常绿阔叶林比较

从表 3 可以看出,同等面积的两森林群落,望天树热带季节雨林(后统称望天树林)蕨类的种数是南贡山山地常绿阔叶林(后统称南贡山林)的 1.55 倍;种群数量是南贡山的 2.23 倍。种密度望天树林是 1 种/208.33 m²,南贡山林是 1 种/322.58 m²;种群密度望天树林是 1 株/0.76 m²,南贡山林是 1 株/1.69 m²。

南贡山林单位面积上蕨类的物种数及个体数量虽然远小于望天树林,但在盖度上却是望天树林的 2.03 倍,该林盖度在 100 m² 以上的种有 6 个(望天树林 7 个),它们的盖度之和为 4 453.74 m²,占总盖度的 94.25%;而望天树林 7 个种的盖度之和为 1 806.46 m²,只占总盖度的 80.48%,其种群数量最大种的相对盖度也才占 15.87%(薄叶牙蕨),而南贡山林有 2 个种的相对盖度分别为 55.06%(苏铁蕨)和 21.12%(狗脊),这种在群落中种群结构几乎被 1~2 个种所占主导的现象,是导致群落中其它物种种群数量显著偏少的主要原因。

从盖度级看,两种森林群落的差异并不大,并均缺乏高盖度级的种类。频度级显示,望天树林 5 个频度级各占的比例更接近 Raundiaer 的频度定律(Law of Freqrunce),即 $A > B > C$ 或 $\leq D < E$,而且

南贡山林中缺乏高频度级(E)的种类。如果按频度定律,即“在一个种类分布比较均匀一致的群落中,属于A级的种类通常很多,E级因多为群落的优势种而占有较高的百分比,群落内种类分布的均匀性,是与A级和E级的百分比有关”(江汉桥等,2005),由此看出,望天树林蕨类分布的均匀程度比南贡山林高。在同等面积的望天树林和南贡山林中,虽然重要值在10以上的种类均占80%以上,但它们在数量特征上差异仍较显著,详见表3。

两种森林群落蕨类在生活型组成上的差异较明显,南贡山林由于生境干燥,导致地下芽种类占32.26%,是望天树林地下芽的3.3倍;而望天树林由于生境的潮湿,地面芽和地上芽种类显著较高,分别是山地常绿阔叶林2.3倍和3.25倍。另外,森林群落生境的异质性也导致同一个种在数量组成及生活型表现特征上产生明显差异,如毛柄短肠蕨在山地常绿阔叶林里(李保贵等,2006),仅在1hm²样地外的箐沟出现1个个体,且地上茎部分根本未能体现,而它在潮湿的望天树林里不仅种群数量大,其地上茎竟然在50cm以上;再如附生高位芽种的附生高度,在山地常绿阔叶林里一般在树干的基部和地面的枯树枝上,仅少数个体为2~3m,但在望天树林里,除个别种的一些个体外,绝大多数种的附生高度均在3~50m。

在叶形上,南贡山林单叶或分裂度少的种类显著多于望天树林,而望天树林中二回羽状以上的种类明显多于南贡山林。从叶质看,南贡山林中缺乏肉质叶及膜质叶种类(因为膜质叶和草质叶蕨类一般更适应生长在水、湿条件较好生境的森林群落),但革质叶的种类是望天树林的2倍;而望天树林中,除纸质叶占最大比例外,草质叶和膜质叶占的比例明显增加,革质叶所占的比例显著降低,其中纸质叶和草质叶分别是南贡山林的1.86倍和2.6倍。

7 讨论与结论

勐腊补蚌1hm²望天树林48种蕨类植物的种群数量达13159株(丛),在4个0.25hm²样地里的蕨类植物维持在32~35种之间,种群数量在3071~3644株(丛)之间。森林群落中缺乏高盖度级的种类,黑鳞轴脉蕨、长叶实蕨、多形叉蕨属于高密度种群及高频度级的种类。重要值在10以上的长叶实蕨、多形叉蕨、黑鳞轴脉蕨、毛柄短肠蕨、薄叶牙蕨、

芽孢叉蕨等10个种,其重要值之和达86.31%,它们不仅是西双版纳望天树林蕨类植物的典型代表种或特征种(江汉桥等,2005),也是西双版纳热带季节雨林或沟谷雨林的最常见种(据多年在版纳调查掌握的材料)。从生活型及叶质、叶形的组成比例与表现特征看,说明该森林群落具有充足的水、湿条件或生境较湿润的特点。蕨类在该森林群落中的外貌特征表现为常绿,无季相变化,高位芽现象十分显著。

在与同等面积的南贡山林相比,望天树林蕨类的物种数及种群数量均高于南贡山林,南贡山林蕨类的盖度较望天树林高;两种森林群落蕨类在盖度级上的差异不大,且均缺乏高盖度级的种类。望天树林5个频度级各占的比例更接近Raundiaer的频度定律(Law of Fregrunce),南贡山林缺乏高频度级(E)的种类,显然望天树林蕨类分布的均匀程度比南贡山的高。虽然重要值在10以上的种类均占80%,但在数量特征上差异仍较显著。望天树林地面芽和地上芽种类远高于南贡山林,而南贡山林地下芽种类显著高于望天树林的结果,符合潮湿森林中地上芽种类占有的比例较高,而干燥森林中植物地下芽种类占有比例较高的一般规律。从叶形及叶质看,望天树林中二回羽状以上的种类明显多于干燥的南贡山林,而南贡山林单叶或分裂度少的种类显著高于望天树林。望天树林纸质叶和草质叶的种类分别高于南贡山林,而南贡山林缺乏肉质叶及膜质叶种类,但革质叶的种类是望天树林的3.1倍。这些比较结果,也吻合潮湿森林叶片多回分裂及肉质、膜质、纸质及草质叶的种类和种群高于干燥森林的一般规律。

森林群落生境的异质性,不仅导致蕨类在物种组成上的不同,并使物种在生活型、叶形、叶质的组成比例产生差异外,也可使同一个种在种群数量及生活型表现特征上产生明显的差异。

参考文献:

- Chen X(陈晓), Wu SG(武素功), Lu SG(陆树刚). 2005. Flora Yunnanica(云南植物志)[M]. (Pteridophyta). Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 21:1-414
- Christenhusz MJM, Zhang XC, Schneider H. 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns [J]. *Phytotaxa*, 19:7-54
- Chu WM(朱维明), Zhang GF(张光飞), Lu SG(陆树刚), et al. 2006. Flora Yunnanica(云南植物志)[M]. Vol. 20(Pteridophyta). Beijing(北京): Science Press(科学出版社): 35-785
- Dong M(董鸣). 1996. Clonal growth in plants in relation to resource heterogeneity: foraging behavior[J]. *Acta Bot Sin*(植物

- 学报), 38(10): 828—835
- Dong M(董鸣). 1996. Plant clonal growth in heterogeneous habitats: Risk-spreading(异质性生境中的植物克隆生长: 风险分摊)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 20(6): 543—548
- Dong M(董鸣). 1997. Observation and Analysis on the Survey of Land Biocoenoses(陆地生物群落调查观测与分析)[M]. Beijing(北京): Chinese Standard Press(中国标准出版社): 3—10
- Editorial Committee of Chinese Academy of Sciences China “natural geography”(中国科学院《中国自然地理》编辑委员会). 1985. Chinese natural geography(plant geography)(中国自然地理(植物地理))[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 104—125
- Jiang HQ(姜汉桥), Duang CQ(段昌群), Yang SH(杨树华), et al. 2005. Plant Ecology(植物生态学)[M]. Beijing(北京): China Higher Education Press(高等教育出版社): 53—61
- Kong XX(孔宪需), Zhu WM(朱维明), Xie YT(谢演堂). 2001. Flora of China(中国植物志)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 5(2): 2—177
- Li B(李博). 2000. Ecology(生态学)[M]. Beijing(北京): Higher Educating Press(高等教育出版社): 124—128
- Li D(李冬), Tang JW(唐建维), Luo CK(罗成坤), et al. 2006. Analysis on the coenological characteristics of monsoonal evergreen broad-leaved forest communities in Xishuangbanna(西双版纳季风常绿阔叶林的群落学特征)[J]. *J Mount Sci*(山地学报), 24(3): 257—267
- Li ZS(李宗善), Tang JW(唐建维), Zheng Z(郑征), et al. 2005. Coenological characteristics of tropical montane rain forest in Xishuangbanna(西双版纳热带山地雨林群落学特征分析)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), 23(4): 319—32
- Ling YX(林允兴), Zhang XC(张宪春), Lu SG(陆树刚), et al. 2000. Flora of China(中国植物志)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 6(2): 49—150
- Qing RC(秦仁昌), Xing GX(邢公侠), Wu ZH(吴兆洪). 1990. Flora of China(中国植物志)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 3(1): 2—77
- Smitinand T, Larsen K. 1989. Flora of Thailand [M]. 3(4): 53—522
- Sun RY(孙儒泳), Li B(李博), Zhu GY(诸葛阳), et al. 1993. *General Ecology*(普通生态学)[M]. Beijing(北京): China Higher education Press(中国高等教育出版社): 135—148
- Tang JW(唐建维), Shi JP(施济普), Zhang GM(张光明), et al. 2008. Density, structure and biomass of *parashorea Chinensis* population in different patches in Xishuangbanna, sw China(西双版纳不同斑块望天树种群的密度、结构和生物量)[J]. *J Plant Ecol*(植物生态学报), 32(1): 40—54
- Tan MH(汤明华). 2007. A Study on Composition and structure of *Parashorea chinensis* community in Xishuangbanna(西双版纳望天树林的群落组成和结构特征研究)[J]. *J West Chin For Sci*(西部林业科学), 36(2): 26—31
- Tao L(陶玲), Ren J(任珺). 2004. Quantitative Research Methods of Evolutionary Ecology(进化生态学的数量研究方法)[M]. Beijing(北京): China Forestry Press(中国林业出版社): 1—50
- Walker B, Kinzig A, Langridge J. 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species[J]. *Ecosystems*, 2: 95—113
- Wang LX(王兰新), Guo XM(郭贤明), Zhao XK(赵新坤), et al. 2007. Analysis on Major community structure of *Parashorea cathayensis* in Xishuang-banna Nature Reserve(西双版纳自然保护区望天树群落结构分析)[J]. *For Invent & Plann*(林业调查规划), 32(6): 70—74
- Wang PS(王培善), Wang XY(王筱英). 2001. Pteridophyte Flora of Guizhou(贵州蕨类植物志)[M]. Guizho(贵州): Guizhou Science & Technology Publishing House(贵州科技出版社): 61—613
- Xu YC(徐永椿), Jiang HQ(姜汉桥), Quan F(全复). 1987. Reports on the Nature Reserve of Xishuangbanna(西双版纳自然保护区综合考察报告集)[M]. Kunming(昆明): Yunnan Sci. & Technology Press(云南科技出版社): 105—109
- Zhang XC(张宪春), Zhang LB(张丽兵). 2004. Flora of China(中国植物志)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 6(3): 70—138
- Zhang XC(张宪春). 2012. Lycophytes and Ferns of China(中国石松类和蕨类植物)[M]. Beijing(北京): Peking University Press(北京大学出版社), 2—8
- Zhao XN(赵学农), Cao M(曹敏), He AJ(和爱军). 1990. A Preliminary study on the dynamics of *Parashorea chinensis* population in Xishuangbanna region, Yunnan(望天树种群动态的初步研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 12(4): 405—414
- Zhao XN(赵学农), Liu LH(刘伦辉), Gao SY(高圣义), et al. 1996. Studies on the population structure and dynamics of *Parashorea chinensis* in Xishuangbanna, Yunnan, China(西双版纳望天树种群结构与动态初步研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 16(3): 225—232
- Zhao ZM(赵志模), Guo YQ(郭依泉). 1990. Principle and methods of community ecology(群落生态学原理与方法)[M]. Chongqing(重庆): Science and Technology Literature Publishing House of Chongqing Branch(科学技术文献出版社重庆分社)
- Zhu H(朱华). 1993. A Compatative ctudy of phytosociology between *Shourea chinensis* forest of Xishuangbanna and other closer forest types(望天树林与相近类型植被结构的比较研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 15(1): 34—46
- Zhu H(朱华). 1992. Research of community ecology on *Shorea chinensis* forest in Xishuangbanna(西双版纳望天树林的群落生态学研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 14(3): 237—258
- Zhu H(朱华). 2000. Ecology and biogeography of the tropical dipatercarp Rain Forest in Xishuangbanna(西双版纳龙脑香热带雨林生态学与生物地理学研究)[M]. Kunming: Yunnan Sci. & Technology Press(云南科技出版社): 1—151
- Zhu H(朱华), Wang H(王洪). 1998. Research on the tropical seasonal rainforest of Xishuangbanna, south Yunnan(西双版纳热带季节雨林的初步研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 18(4): 372—384
- Zhu H(朱华), Xu ZF(许再富), Wang H(王洪), et al. 2000. Effects of fragmentation on the structure, species composition and dibersity of tropical rain forest in Xishuangbanna, Yunnan(西双版纳片断热带雨林的群落结构、物种组成及其变化的研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 24(5): 560—568
- Zhu WM(朱维明), Wang ZR(王中仁), Zhang XC(张宪春), et al. 1999. Flora of China(中国植物志)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 3(2): 23—444