

158-166

第18卷第2期  
1998年3月生态学报  
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 18, No. 2  
Mar., 1998云南鸡足山元江栲群落和高山栲  
群落的植物种间结合研究

彭明春 党承林

5792.02

(云南大学 生态学与地植物学研究所 昆明 650091)

**摘要** 报告云南鸡足山半湿润常绿阔叶林元江栲群落和高山栲群落植物种间结合的研究结果。测定了两类群落共63种植物按层次组成的682个种对的种间结合,获得有相关性的种对215个(正相关154个,负相关61个),结果表明:1)群落各有自己的基本组成种类,同一群落的种间互为正相关,不同群落的种间为负相关,2)不同层次植物种间的相关性显著水平不同,高显著水平的种类大多处于乔木层,3)发育盛期群落中极少有或没有负相关的种类,发育晚期群落中有一定数量的负相关种对,过渡地段的群落中负相关的种对较多,4)作者改进的联结系数模型  $A_i$  兼有定量、定性两类模型的优点,作为植物种的重要性指标,广义多度较个体数更为合理。

**关键词:** 半湿润常绿阔叶林,种间结合,指数模型,云南鸡足山,元江栲,高山栲

STUDIES ON INTERSPECIFIC ASSOCIATION OF BOTH  
*Castanopsis orthacantha* AND *Castanopsis delavayi*  
COMMUNITIES AT JIZU MOUNTAIN, YUNNAN PROVINCE

Peng Mingchun Dang Chenglin

(Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming, 650091, China)

**Abstract** *Castanopsis orthacantha* and *Castanopsis delavayi* forests are the major types of semi-humid evergreen broadleaved forest in the area of central Yunnan plateau. The paper discusses the interspecific association of the two communities at Jizu Mountain of Yunnan Province. In the study, there are 215 species-pairs correlations expressed in 682 pairs mated by 17 tree species, 15 shrubs and 29 herbs. The result shows that: 1) The species expressed a positive correlation in the same community, and a negative correlation in the different communities. Four species showed the high positive significant correlation in the *Castanopsis orthacantha* community, and the other 4 species in *Castanopsis delavayi* community. 2) The level of correlation significance varied at different layers. There are more pairs of high-level correlation in tree layer than in shrubs or herbs. 3) The numbers varied in pairs of positive and negative correlation of community at different stages or in different habitat.

收稿日期:1995-11-11,修改稿收到日期:1997-01-06。

致谢:本文蒙姜汉桥教授多次审阅并提出修改意见,和积鉴、吴兆录先生参加了全部野外工作,在此一并致谢。

No pairs of negative correlation existed in prime stage, while the pair number of positive correlation and non-correlation was roughly equal. However, in the later stage the pairs of positive correlation and non-correlation decreased and negative correlations appeared. In the transition zone, negative correlation pairs increased and surpassed in number either of the positive correlations. 4) The association index model  $A_i$  has advantages of both the qualitative and quantitative model, which can both eliminate the higher values in qualitative models, and reduce data-collecting work in quantitative models. As the index of value of species, the generalized abundance is more rationale than the number.

**Key words:** semi-humid evergreen broad-leaved forest, interspecific association, index model, Jizu Mountain of Yunnan.

一定的植物种类组成及其所形成的结构是群落生存和发展的基础,也是群落保持自身稳定和维持正常功能的根本保证;群落内植物种间复杂的相互关系,对群落结构的形成,群落的发展方向 and 过程都将发生重大影响。群落的种间结合,可用于确定群落的基本成分,有助于更深刻地认识群落的整体结构和功能,为群落多样性、主要种类生态位的研究奠定基础。作者对云南鸡足山元江栲群落和高山栲群落的植物种间结合进行了研究。

### 1 研究地区环境概况和研究方法

鸡足山地处滇中高原西北部,横断山脉东侧,位于 $25^{\circ}56' \sim 26^{\circ}00'N$ ,  $100^{\circ}20' \sim 100^{\circ}25'E$ 之间。山体中下部年均温 $11.9^{\circ}C$ ,最热月(6月) $17.3^{\circ}C$ ,最冷月(1月) $4.7^{\circ}C$ ,年较差 $12.6^{\circ}C$ ,年活动积温 $4344.9^{\circ}C$ ;年降水量 $1192.3mm$ ,其中雨季降水占总量的 $89\%$ ;干湿季分明,夏季凉爽湿润,冬季寒冷干燥,气温、降水垂直变化明显。地面植被是以元江栲、高山栲、滇青冈等壳斗科植物为优势的半湿润常绿阔叶林。

野外调查采用相邻格子方法,使用 $10 \times 10m^2$ 的样方。调查样地7块,总面积为 $1.31hm^2$ ;其中元江栲群落样地4块, $0.71hm^2$ ,高山栲群落样地3块, $0.60hm^2$ 。样地基本情况见表1。

表1 样地基本情况

Table 1 The essential features of specimens

样地编号 Plot No	样地面积 Area	调查地点 Investigation	群落类型 Type	海拔 Elevation	坡向 Direction	坡度 Slope
样地①	$3000m^2$	华严寺后山	元江栲群落	2550m	N	$16^{\circ}$
样地②	$1000m^2$	华严寺前山	元江栲群落	2510m	E	$13^{\circ}$
样地③	$1000m^2$	花子街	元江栲群落	2660m	$NE50^{\circ}$	$15^{\circ}$
样地④	$2100m^2$	寂光寺	元江栲群落	2500m	$SW20^{\circ}$	$25^{\circ}$
样地⑤	$2000m^2$	皇姑坟	高山栲群落	2520m	$SW30^{\circ}$	$15^{\circ}$
样地⑥	$2000m^2$	祝圣寺	高山栲群落	2480m	$SW10^{\circ}$	$20^{\circ}$
样地⑦	$2000m^2$	寂光寺	高山栲群落	2520m	$SE60^{\circ}$	$30^{\circ}$

综合有关学者的研究成果和意见<sup>[1~3]</sup>,结合本研究调查资料的具体情况,选择下列4种模型进行结合指数的测定,其中联结系数模型  $A_i$  是经作者改进的。

$$\text{联结系数 } A_i = \frac{2(ad - bc)}{(a + b)(b + d) + (a + c)(c + d)} \quad (1)$$

$$X^2 \text{ 统计量 } X^2 = \frac{(ad - bc - M/2)^2 M}{(a + b)(a + c)(b + d)(c + d)} \quad (2)$$

$$\text{点相关系数 } Rp = \frac{ad - bc}{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)} \quad (3)$$

$$\text{相关系数 } Ri, n = \frac{\sum_{k=1}^m (X_k - \bar{X})(Y_k - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (X_k - \bar{X})^2 \sum_{k=1}^m (Y_k - \bar{Y})^2}} \quad (4)$$

(1)~(3)中,  $a$  为含有 A、B 两个种的样方数,  $b$  为不含 A 种只含 B 种的样方数,  $c$  为只含 A 种不含 B 种的样方数,  $d$  为既不含 A 种也不含 B 种的样方数,  $M = a + b + c + d$  为样方总数,  $X^2$  统计量的 +、- 号的选择, 根据  $ad - bc$  的符号确定。

相关系数模型(4)中,  $X_k, Y_k$  分别为第  $k$  个样方中物种 A 和物种 B 的重要性指标,  $\bar{X}, \bar{Y}$  为各  $X_k$  和  $Y_k$  的平均值, 在计算过程中分别使用了广义多度 ( $V_n$ ) 和个体数 ( $V_i$ ) 为重要性指标, 物种的广义多度定义为各等级个体的数量与其权值之积的总和, 即:

$$V_n = \sum_{k=1}^m V_k P_k$$

其中,  $m$  为分级数,  $V_k$  为第  $k$  级个体数量,  $P_k$  为第  $k$  级个体权值, 本研究中物种的分级和权值为: 乔木树种, 0.2 ( $H < 33$ ), 0.5 ( $D < 2$ ), 1 ( $D = 2 - 7.5$ ), 2 ( $D = 7.5 - 15$ ), 3 ( $D = 15 - 22.5$ ) 和 4 ( $D < 22.5$ ); 灌木按乔木第 I、II 级 (权值 0.2, 0.5) 处理; 草本植物, 0.1 ( $H < 30$ ) 和 0.2 ( $H > 30$ , 其中  $H$  为高度,  $D$  为胸径)。

联结系数模型使用阈值 0.20, 0.40, 0.70 确定种对的相关显著水平, 由于不同模型的测定值存在差异, 点相关系数及相关系数模型的阈值参照乔木层主要种对的测定值与联结系数模型测定值及  $X^2$  统计检验结果的相对比值确定。

上述联结系数模型  $A_i$  是经作者改进的, 是基于过去使用的联结系数模型:

$$AC = \begin{cases} (ad - bc)/(a+b)(b+d) & \text{① } (ad \geq bc) \\ (ad - bc)/(a+b)(a+c) & \text{② } (ad < bc, d \geq a) \\ (ad - bc)/(d+b)(d+c) & \text{③ } (ad < bc, d < a) \end{cases}$$

其中存在较为明显的错误: 当  $ad \geq bc$  (①),  $b \neq c$  时 (常见), 如果交换物种 A、B 的位置 ( $b, c$  互换), ① 式的分子不变, 而分母必发生改变, 从而导致物种 A 和物种 B 的联结系数  $AC$  的计算结果与物种 B 和物种 A 的不同, 这显然违背了交换律。另外, 当  $ad < bc$  (②、③) 时有意识地缩小联结系数值, 也不尽合理。所以作者使用原模型中  $ad < bc$  的两种情况 (②和③) 的分母之和作分母, 分子之和作分子, 设计联结系数  $A_i$ , 这样更为合理, 也便于解释。

在相关系数模型  $R_n$  中, 使用广义多度代替个体数作重要性指标是基于如下事实: 植物种的重要性指标反映它在群落中的地位和作用。目前使用的以个体数为重要性指标的数学模型, 源于昆虫生态学。同一昆虫种群 (群落) 个体差异不大, 个体数能体现物种在群落中的地位和作用; 植物群落则不然, 植物个体变化很大, 个体数难以体现出它在群落中的地位和作用。曾经有学者使用生物量作重要性指标, 这是比较合理的, 但生物量测定工作量太大, 在实际工作中难以实施; 盖度系数作为重要性指标也具有合理的一面, 但它受植物生物学特性的较大影响, 并且要准确测量比较困难。本研究使用广义多度作为重要性指标, 它不仅考虑个体数, 也考虑个体大小因素, 能较为客观地反映出植物种在群落中的地位。为便于比较, 研究中也使用了个体数作重要性指标的相关系数  $R_i$  的进行计算。

## 2 结果与分析

植物种间结合, 是指不同种类的植物在空间分布上相互关联的特性, 可以使用种对的相关性来描述。物种之间, 存在 3 种可能的关系: 正相关、负相关和不相关。正、负相关的种对又可根据相关的程度划分为不同的显著水平, 不同显著水平的种对, 其相互依存 (正相关) 或相互排斥 (负相关) 的程度不同。极显著正相关的种对总是同时出现, 极显著负相关的种对从不同时出现; 显著正相关的种对经常同时出现, 且其数量呈正比例关系, 显著负相关的种对极少同时出现, 同时出现时其数量也呈反比例关系; 一般水平相关的种

对表现通常情况下同时出现或不同时出现,但其数量上的比例关系不明显;不相关,一个种的存在于另一个种的存在与否无关。

本研究野外调查的131个样方中共记录植物137种,为便于分析,本文只选择在样方中出现频率高和个体总数都较多的63种植物(其中乔木19种,灌木15种,草本植物29种;层间植物依其茎的质地分别归于灌木或草本植物),分层次计算种对的结合指数,并确定种间结合(相关)的性质和显著水平。

### 2.1 各层次的种间结合

综合各模型的测定结果,全部682个种对(其中乔木171对,灌木105对,草本植物406对)中,具有相关性的种对共有215个(表2)。

从表2可见,群落不同层次的植物种间的相关性不同,乔木种具有较多的高水平相关的种对,而灌木、草本植物相关的种对多为低显著水平,且负相关的种对都未达到极显著和显著水平。这种情况主要是由于作为群落标志的主要优势种都处于乔木层,同一群落的种类相互依存,不同群落的种类竞争和排斥比较剧烈。而下层(灌木、草本层)种类之间,因其数量都相对较少,并受乔木层的控制,种类之间的竞争或依存关系并不十分明显,只有少数种类由于对小环境的依赖表现出比较密切的关系。

表2 各层次各水平相关种对数量

Table 2 The number of specise pair of correlation levels of every layers

相关性		乔木	Tree	灌木	Shrub	草本植物	Herb
Correlation		种对数 No.	(%)	种对数 No.	(%)	种对数 No.	(%)
正相关 Positive	极显著 Extramarked	11	6.4	0	0.0	2	0.5
	显著 Marked	11	6.4	7	6.7	27	6.7
	一般 General	10	5.9	18	17.1	68	16.7
	合计 Total	32	18.7	25	23.8	97	23.9
负相关 Negative	极显著 Extramarked	13	7.6	0	0.0	0	0.0
	显著 Marked	9	5.3	0	0.0	0	0.0
	一般 General	17	9.9	7	6.7	15	3.7
	合计 Total	39	22.8	7	6.7	15	3.7
总计	Sum	71	41.5	32	31.5	112	27.6

#### 2.1.1 乔木层

乔木层有相关性的植物种对71个,极显著正负相关有24个,全由元江栲(*Castanopsis orthacatha*)、米饭花(*Vaccinium mandarinorum*)、银木荷(*Schima argentea*)、厚皮香(*Ternstroemia gymnanthera*)、滇青冈(*Cyclobanopsis glaucoides*)、粉背石栎(*Lithocarpus Hypoglaucaus*)、猴子木(*Camellia yunnanensis*)和高山栲(*C. delavayi*)8种植物组成。这8种植物分为两组:第1组为元江栲、米饭花、银木荷和厚皮香,第2组为高山栲、猴子木、粉背石栎和滇青冈。组内的种类,除种对滇青冈-猴子木外,均为极显著正相关,而两组间的种类,3个种对为显著负相关,其余为极显著负相关。事实上,上述第1组植物就是元江栲群落的主要乔木种,第2组植物则为高山栲群落的主要乔木种。

其它种类中,乳状石栎(*L. craibanus*)、丽江栎(*Eurya handel-mazzettii*)和华灰木(*Symplocos chinensis*)等种类之间及其与元江栲群落的种类之间表现为正相关,而与高山栲群落的种类之间表现为负相关,它们常见于元江栲林而极少或不出现于高山栲林;长圆叶柞木(*Cornus oblonga*)、野柿(*Diospyros Kaki var. sylvstris*)、云南樟(*Cinnamomum glanduliferum*)和滇油杉(*Keteleeria evelyniana*)等种类则与上述种类的情况相反,仅出现于高山栲群落。克雷木(*Craibiodendron yunnanense*)既与元江栲和厚皮香又与高山栲表现为正相关,在野外调查中,只在寂光寺附近发现该植物,不能判断其归属,但根据有关研究资料<sup>[4]</sup>,克雷木是元江栲群落的成分。香叶树(*Lindera communis*)和野樱(*Prunus conradinac*)两种植物的数量较少,对群落的依赖性比较小。

#### 2.1.2 灌木层

灌木层有相关性的植物种对32个,没有极显著正、负相关和显著相关的种对。显著正相关、负相关的种对各7个,主要由云南野山茶(*Camelia pitardii* var. *yunnanica*)、臭荚蒾(*Viburnum foetidum*)、多叶花椒(*Zanthoxylum multijugum*)、针齿铁仔(*Myrsine semiserrata*)、绒毛山蚂蝗(*Desmodium velutinum*)和云南山桂花(*Osmanthus yunnanensis*)等6种植物组成。这6种植物也分为两组:第1组是云南野山茶和臭荚蒾,第2组包括多叶花椒、针齿铁仔、绒毛山蚂蝗和云南山桂花。其余种类除小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)和箭竹(*Sinarundinaria* sp.)偏向第1组外,其它种类都偏向于第2组,其中以梁王茶(*Nothopanax delavayi*)和鸡脚泡(*Rubus delavayi*)尤为明显。灌木层植物种类在群落中不形成优势,个体数量也不多,种间竞争不明显,以上述6种为主分成的两组与其它种类表现出复杂的关系,小叶女贞既与臭荚蒾、云南野山茶,又与粉叶荚蒾(*V. cylindricum*)、粉叶小檗(*Berberis pruinosa*)、云南山桂花表现出正相关,箭竹、丽江胡颓子(*Elaeagnus delavayi*)的情况也类似,只是与两组关联的种类要少些。

为确定灌木与两类群落的关系,研究中测定了各种灌木与8个主要乔木种的种间结合。结果上述第1组植物与元江栲群落的组成种类呈各级水平的正相关而与高山栲群落的组成种类呈各级水平的负相关。第2组植物则与之相反,说明它们分别是元江栲群落和高山栲群落的组成种类。其它种类分别偏向(或偏离)某一群落,主要是由于两类群落的林下环境不同所致。例如,箭竹作为一种当地分布广泛的植物,在潮湿的地段比较常见,但因元江栲林的分布地生境普遍较高山栲林潮湿,故更常见于元江栲林。

### 2.1.3 草本层

草本层有相关性植物种对112个,极显著正相关的有2个:唐松草(*Thalictrum* sp.)-葶草(*Anthraxon hispidus*)及西南菝葜(*Smilax bockii*)-葶草;显著正相关的有硬果鳞毛蕨(*Dryopteris fructuosa*)-长序缬草(*Valeriana hardwickii*)等27个;正相关的有硬果鳞毛蕨-密花千里花(*Senecio cappa*)等68个;负相关的有小鸡藤(*Dumasia forrestii*)-长序缬草等15个。分析测定结果可知,草本植物也可以分成两组:第1组有小鸡藤和鹿衔草(*Murdannia divergens*);第2组包括葶草、西南菝葜、雀儿舌头(*Leptopus chinensis*)、飞仙藤(*Periploca forrestii*)、常春藤(*Hedera napalensis* var. *sinensis*)、凤尾蕨(*Pteris nervosa*)、唐松草、心叶兔儿风(*Ainsliaea bonatii*)和牛膝(*Achyranthes bidentata*)等。其余的种类除云南兔儿风(*A. yunnanensis*)、硬果鳞毛蕨、长托菝葜(*S. ferox*)和云南崖爬藤(*Tetrastigma yunnanensis*)偏向第1组外,其它种类都偏向第2组。其中光茎茜草(*Rubia leiocaulis*)和菱叶崖爬藤(*T. triphyllum*)尤为明显。

草本层种间结合的情况类似于灌木层,但比灌木层更为复杂,如云南马兜铃(*Arisotolochia yunnanensis*)既与鹿衔草,又与第2组的大多数种类为正相关,类似的种类还很多。草本植物之间出现这种复杂的相关性,主要是因为草本植物更依赖于小环境,而受上层植物种类的直接影响更小。

和灌木层一样,为确定草本植物与两类群落的关系,对草本植物与8个主要乔木种的种间结合进行了测定。结果小鸡藤与元江栲群落的种类呈正相关而与高山栲群落的种类呈负相关,说明它是元江栲群落的组成种类;第2组葶草、西南菝葜等植物则与小鸡藤相反,说明它们是高山栲群落的种类。鹿衔草较明显地趋于元江栲群落,云南兔儿风、硬果鳞毛蕨、长托菝葜、金银花(*Lonicera japonica*)、吉祥草(*Reinechus carnea*)和巴东忍冬(*L. henryi*)的趋向不十分明显,其它种类都明显或比较明显的趋于高山栲群落。沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)是一个分布广泛的种类,在元江栲林和高山栲林都较常见,但因元江栲林乔木下层比较茂密,限制了它的生长,故测定结果出现偏向高山栲林的趋势。

### 2.2 优势种与其它种类的种间结合

上述63种植物中,与元江栲有相关性的植物共37种,与高山栲有相关性的共42种,列于表3。根据表3,植物与优势种的种间结合和与群落的种间结合一致。

### 2.3 群落内的种间结合

两群落样在分层次的、各级相关显著水平的种对数量如图1。从图1可以看出,各样地灌木、草本层各级水平的种对数比例较为接近,而乔木层则有明显的差异。在此仅对乔木层的情况进行分析。

表3 与优势种相关的植物

Table 3 The species that correiate with dominant species

		元江栲( <i>Castanopsis orthacatha</i> )		高山栲( <i>Castanopsis delavayi</i> )	
正 相 关	极显著 Extra- marked	乔木层 Tree	米饭花、银木荷、厚皮香	滇青冈、粉背石栎、猴子木	
		灌木层 Shrub	云南野山茶	梁王茶	
		草本层 Herb		西南菝葜、云南马兜铃	
正 相 关	显著 Marked	乔木层 Tree	乳状石栎	长圆叶栎木	
		灌木层 Shrub		梁王茶	
		草本层 Herb		大叶乌菝葜、云南崖爬藤、心叶兔儿风、凤尾蕨、雀儿舌头、荇草	
正 相 关	一般 General	乔木层 Tree	丽江栎、克雷木		
		灌木层 Shrub	臭荚蒾	粉叶荚蒾、丽江胡颓子、粉叶小檗、多叶花椒、绒毛山蚂蝗	
		草本层 Herb	小鸡藤	巴东忍冬、疏叶蹄盖蕨、密花千里光、半育鳞毛蕨、长序缙草、沿阶草、山稗子、牛膝、光茎茜草、唐松草、常春藤、飞仙藤	
负 相 关	极显著 Extra- marked	乔木层 Tree	粉背石栎、猴子木、高山栲	元江栲、米饭花	
		灌木层 Shrub	西南菝葜、荇草		
		乔木层 Tree	长圆叶栎木、滇青冈	银木荷、厚皮香、乳状石栎、丽江栎	
负 相 关	显著 Marked	灌木层 Shrub	云南山桂花、多叶花椒、绒毛山蚂蝗、针齿铁仔	云南野山茶、臭荚蒾	
		草本层 Herb	菱叶崖爬藤、光茎茜草、唐松草、心叶兔儿风、凤尾蕨、云南马兜铃、常春藤、飞仙藤、雀儿舌头		
	一般 General	乔木层 Tree	野柿		
	灌木层 Shrub	丽江胡颓子、梁王茶	云南兔儿风		
	草本层 Herb	密花千里光、半育鳞毛蕨、长序缙草、山稗子、牛膝			

华严寺前山的元江栲林和祝圣寺的高山栲林均无负相关种对,表明这两地的群落处于发育盛期,种间关系比较协调。花子街的元江栲林和皇姑坟的高山栲林具有相关性的种对所占的比例较大,其中有相当一部分种类呈负相关,这是因为在群落发育的晚期,一些新的植物种类进入群落所致。寂光寺的元江栲林和高山栲林与上述发育晚期群落相比,具有更多相关性的种对,但负相关的种对数明显超过正相关的种对数,这是因为寂光寺的两个群落处于过渡地段,它们不过百米之隔,植物种类多,成分混杂所致。

根据以上结果,在群落发育过程中,群落主要层正、负相关的种类随着群落的发展而变化。群落发育的初期,负相关种类数量较多,随着群落的发展逐渐减少;到达盛期时,负相关的种类消失;然后到晚期,负相关的种类又再度出现并逐渐增加。这一过程伴随群落演替过程的各个阶段,可以根据群落内植物种间结合的情况来判断群落发育所处的时期。

从图1还可以看出,两群落的种类结构特征有所不同,在元江栲群落内,种类之间高显著水平相关的种对所占的比例很大,但群落容纳的种类较少;而在高山栲群落中,种类之间低显著水平相关的种对多,群落容纳的种类较多。

#### 2.4 模型比较与分析

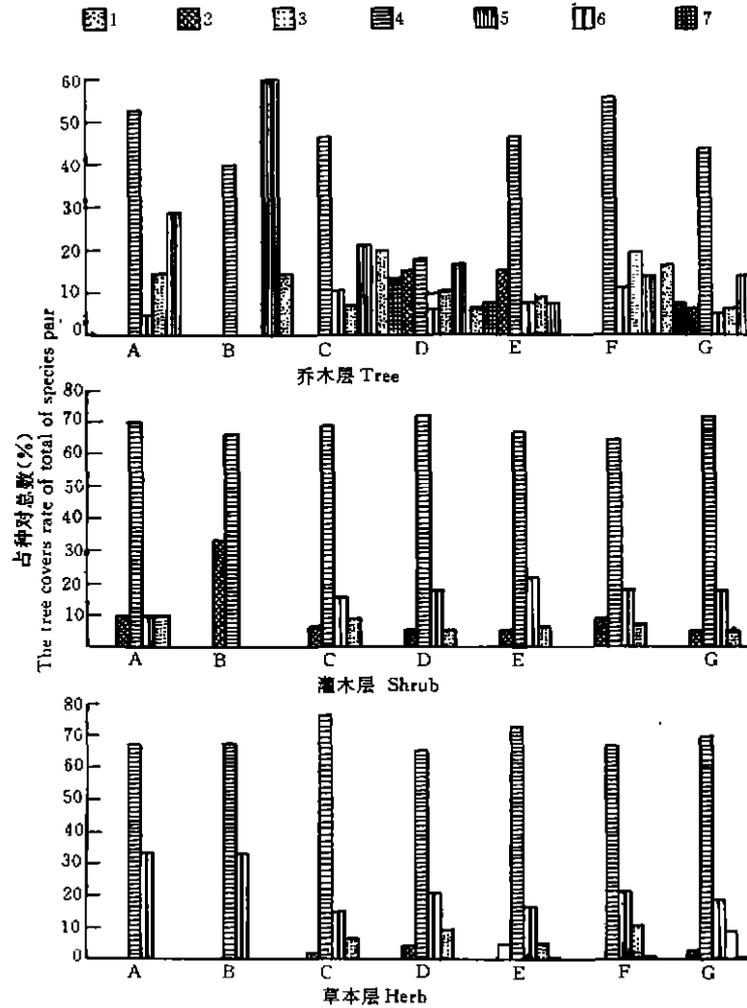


图1 各样地不同层次各级相关水平种对数量比较

Fig 1 The compare of species pair of correlation levels of every specimens and layers

A~D 元江栲群落 *Castanopsis orthacantha* community E~G, 高山栲群落 *Castanopsis delavayi* community A, 华严寺后山 The back of Huayan Temple B, 华严寺前山 The front of Huayan Temple C: 花子街 Huazijie D: 寂光寺 Jiguang Temple E: 皇姑坟 Huanggu Grave F: 祝圣寺 Zhusheng Temple G: 寂光寺 Jiguang Temple 1: 极显著负相关 Extramarked negative correlation; 2: 负相关 Negative correlation; 3: 显著正相关 Marked positive correlation; 4: 无关 None-correlation; 5: 极显著正相关 Extramarked positive correlation; 6: 正相关 Positive correlation; 7: 显著负相关 Marked negative correlation

在结合指数的计算中,使用了4种不同的数学模型,各模型的测定结果大致相似,也存在一定差异。就3个层次的215个有相关性的种对的测定结果而言,使用定性数据的3个模型的测定结果较为一致,尤其是 $X^2$ 统计量和点相关系数 $R_p$ 的测量结果表现出高度的一致性,使用定量数据的相关系数模型 $R_i$ 和 $R_m$ 的测定结果也比较接近,而使用定性数据的模型与使用定量数据的模型的测定结果之间有一定差别。下面对与模型有关的几个问题做如下分析:

各模型的测定结果大致相似,说明4种模型用于种间结合的研究都是适用的,不尽相同的结果反映了

不同模型自身的特征和侧重点。总的来说, 它们的不同主要表现在定性数据模型的检出率较高, 而定量数据模型的检出率较低, 实际工作中, 可以根据需要选择适当的模型。就一般情况而言, 较高的检出率适宜于较细致的研究工作, 而较低的检出率有利于对主要对象的把握, 适宜于较一般的研究工作。

经作者改进的联结系数  $A_i$  在保持模型的生态学意义和可解释性的同时, 注意到了调和这种矛盾。研究结果也表明, 联结系数  $A_i$  的测定值介于  $X^2$  统计量和点相关系数  $R_p$  与相关系数  $R_i$  和  $R_n$  的测定值之间。由此可以认为, 该模型兼具使用定性数据和定量数据模型的优点, 调和了定量数据和定性数据模型之间的矛盾。

$X^2$  统计量、点相关系数  $R_p$  和联结系数  $A_i$  都使用定性数据, 但前两个模型的测定结果非常接近, 而联结系数  $A_i$  的测定结果与  $X^2$  和  $R_p$  存在一定差异。这主要与模型的相似性有关, 前两个模型均使用因子  $(a+b)(b+d) \times (a+c)(c+d)$ , 而联结系数  $A_i$  是使用因子  $(a+b)(b+d) + (a+c)(c+d)$ 。由于模型本身的特点, 联结系数  $A_i$  计算结果的绝对值较前两个模型为小。

$R_i$  和  $R_n$  分别使用个体数和广义多度作为定量值进行相关系数的计算, 因为使用同一模型和相同的数据, 所以测定结果较为相似。但由于植物个体间的差异较大, 个体数和广义多度的相对值之间存在一定的差异, 所以测定结果有所不同。

从测定结果来看, 乔木层和灌木层使用个体数指标的相关系数模型  $R_i$  与定性数据模型比较接近, 草本层则以使用广义多度指标的相关系数模型  $R_n$  与定性数据模型更为接近。显然, 这种差异是由不同层次植物个体的大小差异引起的。

不同模型之间的差异主要表现为同一种性质的相关有不同的显著水平, 或某些模型测定结果为一般水平相关, 而其它模型测定结果为无关。这是因为显著水平的划分本身没有客观标准, 所使用的标准总含有人为的因素, 有时因测定值 1% 甚至 0.10% 之差就被划为不同的显著水平或有无相关性, 而模型不同, 计算结果总会有差异, 这是正常现象, 若有必要可以通过改变判定阈值来校正。

有的种对在使用不同的模型测定时, 结果为相反的相关性, 这样的种对虽然不多, 但值得注意。下面对测定结果为相反相关性的厚皮香的两个种对作简要分析。就种对米饭花-厚皮香而言, 相关系数  $R_n$  测定结果为负相关, 而其它模型测定结果均为极显著正相关, 其原因在于米饭花和厚皮香同属元江栲群落的下层优势种, 经常同时出现, 因此测定结果为极显著正相关; 它们又同处于乔木下层, 种间竞争必然存在, 数据彼消此涨, 所以又表现为负相关。种对厚皮香-粉背石栎则刚好相反, 相关系数  $R_n$  测定结果为显著正相关, 而其它模型测定结果为显著或极显著负相关, 究其原因, 厚皮香是元江栲群落的主要组成种类, 粉背石栎是高山栲群落的主要组成种类, 两类群落的主要组成种类之间为负相关理所当然; 但通过样地资料统计和野外观察发现, 虽然在元江栲群落内没有粉背石栎出现, 但在某些高山栲群落样地 (例如寂光寺的高山栲林) 中有较高大的厚皮香植株, 并且常与粉背石栎一起出现, 所以种对厚皮香-粉背石栎  $R_n$  测定结果呈显著正相关。

不同的模型有不完全相同的测定结果, 这是可以预料的、必然的事实。在研究中选择不同的模型进行计算, 目的就在于可以通过对结果差异的分析来正确认识研究对象; 在模型研究尚未成熟时, 也可以通过这种分析来讨论模型的适用性。不同模型计算结果的差异还可能为人们提供一些有用的信息, 例如上述两个测定结果表现相反相关性的种对, 有助于对群落内植物种间关系的进一步的认识。

对于不同模型测定结果的认可程度, 依赖于研究者对模型的理解和研究对象的客观情况。从理论上说, 定量数据模型的测定结果应该与实际情况更为符合, 但因其收集数据的工作量大, 计算过程也比定性数据模型要复杂得多, 使用起来不方便。定性数据模型的野外工作量和计算过程的复杂程度都优于定量数据模型, 但测定结果的检出率很高, 判断出大量高显著水平相关性的种对, 不便于进行分析。

### 3 结 语

元江栲群落和高山栲群落是半湿润常绿阔叶林的两个主要类型。本研究调查样地的环境条件差异不大, 但两群落的种类成分和物种数量都有明显的差别; 元江栲群落的组成种类较少, 种间结合比较紧密; 高山栲群落的组成种类较多, 种间结合较为松散, 说明群落有其自身的基本组成种类和特点。群落的基本组

成种类是群落对植物进行选择的结果,它们组成一个整体,共同防御其它群落种类的侵入;组成群落的物种不是松散的、偶然的聚合,而是有规律的组合。

根据研究结果,不同发育时期的群落,其种间结合的情况不同:发育盛期的群落内没有或极少有负相关的种类,发育早期或晚期的群落,由于演替关系,存在上一群落种类的残留或下一群落种类的侵入,群落内有一定数量的种类表现为负相关,因此群落内植物种间结合的情况可作为判断群落发育所处的时期及群落演替趋势的指标之一。

在植物种间结合的测定中,定性数据模型的检出率较高,定量数据(相关系数)模型的检出率较低,经作者改进的联结系数模型的检出率介于上述两者之间,有较为明确的生态学意义,且使用定性数据进行计算,比较适合于植物种间结合的测定。

植物种间结合的研究,对于群落组成种类的识别和群落发育时期的划分具有重要意义。但是,把数学方法应用于生态学中,除了其固有的精确性外,也因为生境、干扰等因素的影响在计算时不易排除而存在一定的局限。

### 参 考 文 献

- 1 王伯荪等. 南亚热带常绿阔叶林种间联结测定技术研究. I. 种间联结测式的探讨与修正. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(4): 274~285
- 2 Dice L R. Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*, 1954, 26: 275~302
- 3 Hurlburt S H. A coefficient of interspecific association. *Ecology*, 1969, 50: 1~9
- 4 Hubalek Z. Coefficients of association and similarity base on binary (presence absence) data; A evaluation. *Biological Reviews*, 1982, 57: 669~689
- 5 Schluter D. A variance for detecting species associations, with some example applications. *Ecology*, 1985, 65: 998~1005
- 6 云南植被编写组. 云南植被. 北京: 科学出版社, 1987
- 7 赵志模等. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科技文献出版社重庆分社, 1990
- 8 Pielou E C. (卢泽愚译). 数学生态学引论. 北京: 科学出版社, 1978
- 9 Whittaker R H. (王伯荪译). 植物群落排序. 北京: 科学出版社, 1986