

伏牛山自然保护区森林生态系统 草本植物功能群的分类

范玉龙^{1,2}, 胡楠^{1,2,3}, 丁圣彦^{1,2,*}, 翟元杰^{1,2}, 柳静^{1,2}, 廖秉华^{1,2}, 卢训令^{1,2}

(1. 河南大学生态科学与技术研究所, 河南开封 475001; 2. 河南大学生命科学学院, 河南开封 475001;

3. 南阳理工学院, 河南南阳 473000)

摘要:伏牛山国家级自然保护区是中国东部森林样带中的亚热带和暖温带的结合点,随着环境梯度(海拔)的变化,林下植物优势种变化明显。草本植物对环境的反应较为敏感,能较好的反映出植被与环境的动态关系。采用群落学调查方法,对伏牛山南北坡的植被进行调查。以 X^2 检验为基础,结合联结系数 AC 和共同出现百分率 PC 来测定草本层优势种间的联结性,根据优势种间的联系性及其在海拔梯度上的变化异同,以优势种为主体划分伏牛山自然保护区林下草本植物功能群。研究结果表明,以优势种为主体对森林生态系统草本植物进行功能群划分可行性高,有较强的代表性。对草本优势种共划分了 7 组植物功能群: I “伴人型”, II “高山型”, III “阴湿型”, IV “耐旱型”, V “林隙型”, VI “基础型”, VII “原始型”。每一组都有其特定的分布区域和形态特征,较好地反应出环境与植被的动态关系,为今后森林生态系统研究和植物功能群划分寻找新的思路。

关键词:植物功能群;优势种;种间联结;草本层;伏牛山自然保护区

文章编号:1000-0933(2008)07-3092-10 中图分类号:Q948 文献标识码:A

The classification of plant functional types based on the dominant herbaceous species in forest ecosystem at FuNiu Mountain National Natural Reserve

FAN Yu-Long^{1,2}, HU Nan^{1,2,3}, DING Sheng-Yan^{1,2,*}, ZHAI Yuan-Jie^{1,2}, LIU Jing^{1,2}, LIAO Bing-Hua^{1,2}, LU Xun-Ling^{1,2}

1 Institute of Ecological Science and Technology, Henan University, Kaifeng 475001, China

2 College of life science, Henan University, Kaifeng 475001, China

3 Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473000, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3092 ~ 3101.

Abstract: Straddling the subtropical and warm-temperate zones of East China, the FuNiu Mountain National Natural Reserve is representative of north-south climatic transition zones. The vegetation in this natural reserve is well protected. Highly species rich, the understory layer is nonetheless mainly composed of a small number of dominant species whose abundances clearly vary along environmental (altitudinal) gradients. The shrubs appear to be greatly influenced by the trees. This may indicate that trees exert a certain degree of control over the renewal of the arboreal layer. Highly responsive to changes in environmental conditions, herbaceous plants are very useful to the study of vegetation-environment dynamics. Using community ecology techniques, we investigated plant assemblages on both the north and south slopes of the FuNiu

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30570301)

收稿日期:2008-01-07; 修订日期:2008-04-21

作者简介:范玉龙(1978~),男,河南南阳人,硕士生,主要从事植被生态学研究。E-mail: elonfyl@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: syding@henu.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by the National Natural Science Foundation of China(No.30570301)

Received date: 2008-01-07; **Accepted date:** 2008-04-21

Biography: FAN Yu-Long, Master candidate, mainly engaged in vegetation ecology. E-mail: elonfyl@yahoo.com.cn

Mountain. Results of this investigation were used to calculate species importance values, which in turn were used to identify dominant species. X^2 test, together with association coefficient (AC) and percentage co-occurrence (PC), were used to measure interspecific associations of the dominant herbaceous species. PFTs were defined according to interspecific associations and altitudinal distributions of the dominant herbaceous species of the understory layer. Dynamics of these PFTs along moisture and temperature gradients were analyzed. The results of this study show that, in studies of forest understory plant assemblages, designating PFTs according to dominant herbaceous species is feasible, and PFTs thus defined are representative. Seven PFTs, each with its unique spatial distribution and morphological characteristics, are identified: companion, alpine, dank, drought-resistant, forest gap, basic, primeval. These PFTs appear to reflect vegetation-environment dynamics well. This study may contribute to future studies on forest ecosystems and PFTs classification methods.

Key Words: plant functional types; dominant species; interspecific association; herbaceous layer; FuNiu Mountain Natural Reserve

植物功能群(plant functional types)是由 IGBP 的核心计划 GCTE(Global Change and Terrestrial Ecosystem)提出来的,植物功能群是具有确定的植物功能特征的一系列植物的组合,是研究植被随环境动态变化的基本单元^[1,2]。植物功能群可以看作是对环境有相同响应和对主要生态系统过程有相似作用的组合^[3,4]。PFTs 是与植物的外貌(physiognomy)密切相关的,或多或少反映了植物在不同环境中的生存能力^[5]。植物功能群是对环境因子有相似响应、在生态系统或者生物群区中起相似作用的所有植物种的组合,这种相似性的基础就是它们趋于分享一套关键的植物功能性状^[6]。在寻求研究植被可持续性的科学基础时,最基本的要求就是对生态系统进行统一的功能分类,而且这种分类需考虑诸如生产力、物理结构、营养结构和主要组成植物的抵抗力和恢复力等可变特性^[7]。

伏牛山国家级自然保护区森林生态系统保护良好,以各类乔木为建群种,林下草本层植物种类丰富多样^[8]。

草本植物分布在林地的最底层,所需的生态位相对较小,容易受外界环境的影响。乔木层在一定的范围内变化较小,由于不同的坡度、坡位、坡向、土壤的影响,使得草本层植物的分布规律多变。所以,草本层植物的分布情况就更能反应出环境的微小变化。这些复杂多变的林下草本植物有何分布规律?各种草本植物间有什么相似的关系?这都需要分析这些草本植物的结构和功能特性,对复杂多样的草本层植物进行功能群分类,可以简化对整个森林生态系统的认识。

1 以优势种为主体划分草本植物功能群的依据

Grime 对机制研究很重视,他认为,在任何可能的场合,定义功能类型都需要参照统计学标准和植物对生物因素、土壤条件、土地利用方式、气候要素的反应及植物在生态系统中的地位、生活史、生理和资源动态特点^[9~11]。优势种的生活史及其在群落中不可比拟的地位更有说服力。优势种左右着植被的结构,能更好的体现一个地区生态系统的状态,一个群落中的优势种,特别是演替顶级群落中的优势种,或者至少是特征种就比次要种成为更有用的指示植物^[12]。很多有关植物功能群的研究,无论以什么样的目的划分功能群,选取什么样的功能指标,都有一个共同的特点,那就是具体的研究对象上都是优势种。如:白永飞、陈佐忠根据植物的生活型和水分生态类型组成,对内蒙古锡林河流域羊草草原进行植物功能群的划分^[13];牛书丽、蒋高明等对浑善达克沙地不同植物功能群光合作用和水分利用特性进行了比较^[14];白永飞等对内蒙古高原针茅草原植物多样性与植物功能群组成对群落初级生产力稳定性的影响进行了研究^[15]。

在森林生态系统中,草本植物也通过生命活动不断地改变着林下微环境,从而对整个森林生态系统的稳定、演替和生物多样性起着重要作用^[16]。在伏牛山自然保护区,草本层优势种较为明显,且随海拔的升高发生了明显的变化。本文探索性的研究伏牛山森林生态系统草本植物功能特性,以优势种为主体的划分草本植

物功能群,寻找草本植物在不同环境条件下与周围环境协调共存的关系。

2 研究地概况

环境梯度变化较大对于功能群的研究比较有利,因为这能在较短距离提供较为不同的生态环境。伏牛山自然保护区位于河南省西部,是秦岭东西方向上的余脉,地理坐标为东经 $110^{\circ}30' \sim 113^{\circ}05'$,北纬 $32^{\circ}45' \sim 34^{\circ}00'$;伏牛山区是黄河、淮河和长江三大水系的分水岭和一些支流的发源地;境内地势高差悬殊,在季风气候的背景条件下,根据中国气候区划的指标,伏牛山北坡属暖温带,南坡属北亚热带,具有明显的过渡特点;伏牛山区的土壤复杂多样,可划分为3个土类(山地棕壤土类,山地黄棕壤土类,山地褐土土类);伏牛山地处暖温带向北亚热带过渡地带,植被属暖温带落叶阔叶林向亚热带常绿阔叶林的过渡型^[17]。伏牛山北坡的洛阳白云山和南坡的南阳宝天曼自然环境随海拔变化差异显著,群落类型变化梯度较大,优势种变化明显,对此类研究提供了一个天然的场所(表1)。

表1 研究区气候地理概况

Table 1 Climatic and geographical conditions of the experimental sites

位置 Location		气候 Climate						植被 Vegetation	
东经 E 110°30′ ~ 113°05′, 北纬 N 32°45′ ~ 34°00′	降水 Precipitation	平均温度 Average temperature						海拔 Altitude	暖温带落叶阔叶林向 亚热带常绿阔叶林的 过渡型 Transition type from wann-temperate deciduous broad-leaved forest to subtropical evergaen broad-leaved forest
	800 ~ 1100mm	年均 Annual		最高 Maximum		最低 Minimum		600 ~ 2000m	
		南坡	北坡	南坡	北坡	南坡	北坡		
		14.1 ~ 15.1℃	12.1 ~ 12.7℃	26.5 ~ 28.5℃	1 ~ 2℃	-1.5 ~ -2℃			
		南坡 South slope		北坡 North slope					

4 研究方法

用群落学的方法调查伏牛山自然保护区森林生态系统,整理计算调查结果,选取优势度较大的物种进行种间联结分析,并结合它们在海拔梯度上的变化,划分以优势种为主体的草本植物功能群。

4.1 样方设置

在南坡的宝天曼和北坡的白云山,从海拔 600 ~ 2000m 的山体上,选择具有代表性的山体(主要是山脊及两侧优势种明显的山体),每隔海拔 100m 确定至少 1 个 20m × 20m 的样地,共设置样地 66 个,在样方的中心以及四个角分别设一个 2m × 2m 灌木层样方和一个 1m × 1m 草本层样方。其中包括乔木层 20m × 20m 样方 66 个,灌木层 2m × 2m 样方 330 个,草本层 1m × 1m 样方 330 个。

4.2 指标选取及资料的处理

4.2.1 功能指标的选取

本研究野外群落调查主要在 2006 年 5 月到 2006 年 11 月进行。用群落生态学的方法深入调查研究区主要森林生态系统类型特征^[18],调查指标包括草本层的盖度、种类、个体数量、高度、冠幅、基径(丛径)。还要调查群落的年龄结构及人为影响程度等。

4.2.2 优势种的确定及相关分析

森林生态系统林下草本植物大部分个体体幅相对较小,重要值在统计上有一定的现实困难,用出现次数并结合盖度可以较好的反映其在某一环境的分布状况,由此确定研究区的优势物种。

4.2.3 种间联结测定方法

选取优势度相对较大的草本物种进行种间联结及相关性分析。即组成数据矩阵,建立 2 × 2 联列表,并根据原始资料矩阵,计算各种对的 a, b, c, d 值。

以 X^2 检验为基础,结合联结系数 AC 和共同出现百分率 PC 等方法共同测定物种间的联结性^[18~20]。

(1) 检验两个种关联与否一般用 X^2 检验。

由于取样为非连续性取样,因此,非连续性数据的 X^2 值用 Yates 的连续校正公式计算:

$$x^2 = \frac{(|ad - bc| - 0.5n)^2 n}{(a + b)(a + c)(b + d)(c + d)}$$

式中, n 为取样总数, a 为两物种均出现的样方数, b 、 c 分别为仅有 1 个物种出现的样方数, d 为两物种均未出现的样方数。当 $ad > bc$ 时为正联结, $ad < bc$ 时为负联结。若 $X^2 > 3.841 (0.01 < P < 0.05)$ 则表示种对间联结性显著,若 $X^2 > 6.635 (P < 0.01)$ 表示种对间联结性极显著。

表 2 a, b, c, d 值计算方法表
Table 2 Measurement of interspecific association between species A and species B

		种 B Species B		
		出现的样方数 Occurrence number of quadrat	不出现的样方数 Not occurrence number of quadrat	
种 A Species A	出现的样方数	a	b	$a + b$
	不出现的样方数	c	d	$c + d$
		$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

(2) 联结系数 AC。

联结系数 AC 用来进一步检验由 X^2 所测出的结果及说明种间联结程度。其计算公式如下:

若 $ad \geq bc$, 则 $AC = (ad - bc) / [(a + b)(b + d)]$
若 $bc > ad$ 且 $d \geq a$, 则 $AC = (ad - bc) / [(a + b)(a + c)]$
若 $bc > ad$ 且 $d < a$, 则 $AC = (ad - bc) / [(b + d)(d + c)]$

AC 的值域为 $[-1, 1]$ 。AC 值越趋近于 1, 表明物种间的正联结性越强; 相反, AC 值越趋近于 -1, 表明物种间的负联结性越强; AC 值为 0, 物种间完全独立。

(3) 共同出现百分率 PC。

共同出现百分率 PC 也是用来测度物种间正联结程度的, 其计算公式为:

$$pc = a / (a + b + c)$$

PC 的值域为 $[0, 1]$, 值越趋近于 1, 则表明该种对的正联结越紧密。

5 研究结果

5.1 研究区草本层优势种的确定

用出现次数并结合盖度确定研究区的 21 种优势物种(表 3)。

5.2 主要优势种随海拔分布图

草本层的分布和乔木层有一定的联系, 研究区乔木层随海拔梯度变化呈规律性变化: 1000m 以下以栓皮栎为主要的建群树种; 1200m 以上以锐齿栎为主要的建群树种; 海拔 1400m 以上的局部地段和海拔 800 ~ 1500m 之间部分地段分别有以华山松和油松为主的群落。林下草本层依海拔变化也有一定的规律性。从 21 个草本层优势种中选取优势度较大的 7 个草本植物, 对其做海拔梯度上的变化比较分析(图 1 ~ 图 3), 为以优势种为主体的功能群划分做准备, 确定草本植物的优势种分别为: 羊胡子草, 芒, 野菊花, 蕨, 鬼

表 3 研究区草本层优势种与编号

Table 3 The name and serial number of herbage layer dominant species at the experimental sites

编号 Serial Number	优势种 Dominat species	出现的样方数 Time of appearance
1	羊胡子草 <i>Carex lanceolata</i>	63
2	芒 <i>Miscanthus sinensis</i>	52
3	野菊花 <i>Dendranthema indicum</i>	26
4	蕨 <i>Pteridium aquilinum</i>	23
5	堇菜 <i>Viola verecunda</i>	23
6	宽叶苔草 <i>Carex siderosticata</i>	20
7	香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	19
8	掐不齐 <i>Kummerowia striata</i>	16
9	蒿 <i>Artemisia argyi</i>	16
10	蜂窩草 <i>Atractylodes lancea</i>	14
11	芎藭 <i>Arthraxon hispidus</i>	14
12	鬼灯檠 <i>Rodgersia aesculifolia</i>	13
13	珍珠菜 <i>Lysimachia clethroides</i>	13
14	菅草 <i>Themeda gigantea</i>	12
15	橐吾 <i>Ligularia sibirica</i>	12
16	唐松草 <i>Thalictrum aquilegifolium</i>	10
17	臭草 <i>Melica scabrosa</i>	8
18	费菜 <i>Sedum kamtschaticum</i>	8
19	兔儿伞 <i>syneilesis aconitifolia</i>	8
20	苍术 <i>Atractylodes lancea</i>	7
21	荞麦叶蓼 <i>Fagopyrum cygopyrum</i>	6

灯擎,宽叶苔草。在伏牛山低海拔区(600~1100m,包括宝天曼的葛条爬、大石窑,白云山的铜河、天桥沟),建群种树龄相对较小,整个群落处在演替中期,林下光强较弱,草本层植被不发达;在高海拔区(1100~1900m,包括宝天曼曼顶,四个庙等,白云山主峰),成熟林分布较广,林下光强较强,草本层发达,如在高海拔的宝天曼望曼台等地,以宽叶苔草和鬼灯擎为主的草本层盖度达95%以上。

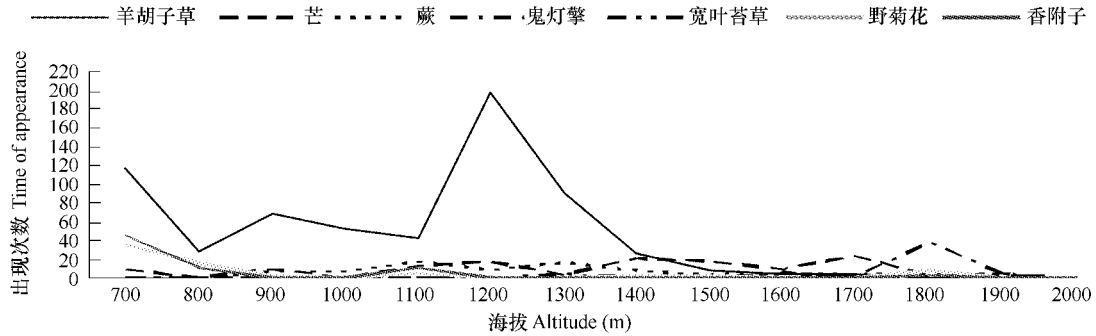


图1 草本层优势种出现次数分布图(南坡)

Fig. 1 Distributions of dominant herbaceous species (study sites on the south slope)

图中物种名称及拉丁名同表3,下同 the same below

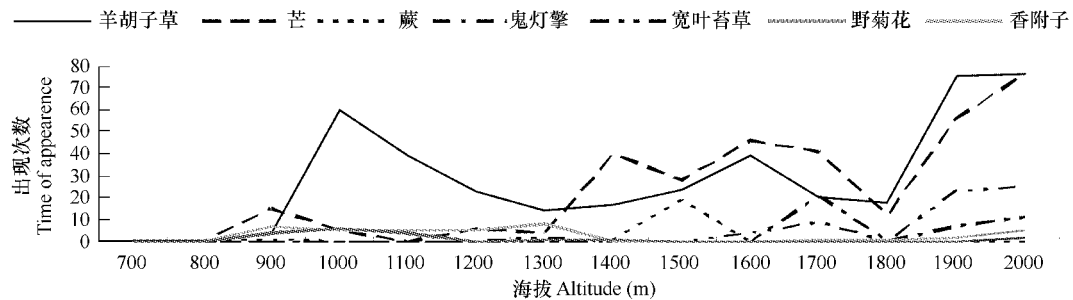


图2 草本层优势种出现次数分布图(北坡)

Fig. 2 Distributions of dominant herbaceous species (study sites on the north slope)

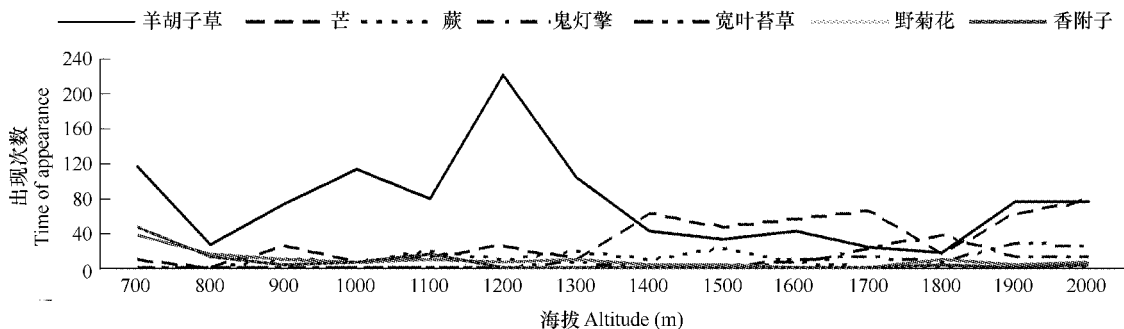


图3 草本层优势种出现次数分布图(整个研究区)

Fig. 3 Distributions of dominant herbaceous species (all study sites)

5.3 种间联结测定的 X^2 值、PC 值和 AC 值的特征分析。

X^2 统计度量值有明确的指标:若 $X^2 > 3.841$ ($0.01 < P < 0.05$) 则表示种对间联结性显著,若 $X^2 > 6.635$ ($P < 0.01$) 表示种对间联结性极显著。能比较准确客观地表现种间联结性;而联结系数 AC 和共同出现百分率 PC 却能体现出那些由 X^2 检验证明不显著的联结性来。AC 值和 PC 值虽能反映种间联结性的相对强弱,但

对联结性强弱的等级划分缺少统一的标准;并且在物种出现次数较少,特别是当 $a=0$ 时, AC 值和 PC 值均会夸大物种间的联结性,甚至会得出不同的结论。草本层优势种植物的分布范围较广,但对环境反应较为敏感,会存在 a 值为零的情况。在种数较多和取样数目较大时, PC 值虽能避免联列表上的高 d 值所导致的联结系数 AC 偏高的缺点;但 PC 仅能较准确地反映物种间的正联结性的强弱,因为是在 a 值较小时,忽视 d 值的影响,就夸大了 a 、 b 、 c 值在联结性测定中的作用,就会夸大负联结性的强度。对于那些只在少数样方中出现的物种来说,这种现象比较明显,也就是说, AC 、 PC 值在物种分布相对均匀时所做出的结果比较可靠。

因此,以 X^2 检验为基础,把 AC 、 PC 值作为辅助参数(图 4 ~ 图 6),进行伏牛山森林生态系统主要优势种间联结分析。

彭少麟等在研究鼎湖山森林群落优势种群生态位重叠时指出,两个物种在水平空间维度上可以是重叠的,但在垂直空间维度上的分割,使其对光能的利用具有互补作用而无竞争意义^[19,20];有些物种虽与其他种群在资源利用上存在竞争,但重叠带的资源还未达到不能满足的程度,因此,在不同地段可以形成某一种植物占优势的群落或与其他种群共优的群落。物种间的联结性与其生态位重叠之间是密切相关的^[19]。优势种群间的正联结性越强,其生态位重叠值就越大;反之,种间的负联结性越强,其生态位重叠值就越小。生态位重叠值越大,物种间的功能与反应就越相似,相伴在同一生境中出现的机率就越大,所以物种间联结性强弱可以作为划分功能群的依据。

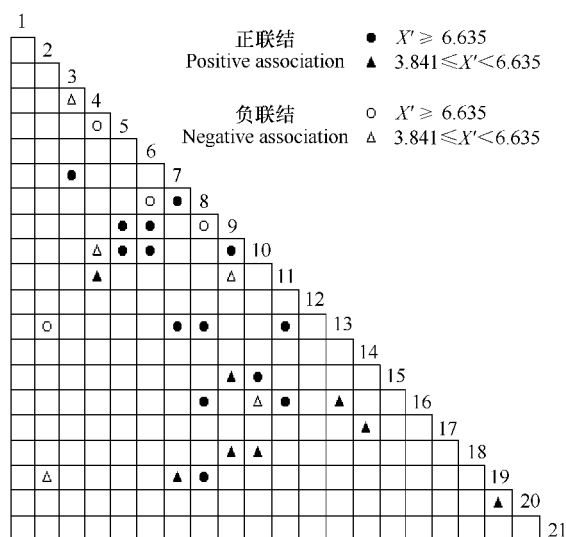


图 4 草本层优势种间联结分析 X^2 值半矩阵图

Fig 4 The X^2 value semi-matrix graph of interspecific association of dominant herbaceous species

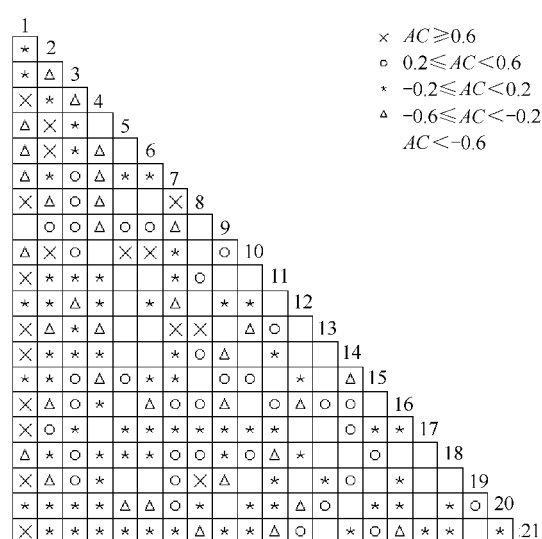


图 5 草本层优势种间联结分析 AC 值半矩阵图

Fig. 5 The AC value semi-matrix graph of interspecific association of dominant herbaceous species

5.4 草本层种间联结性结果分析

根据伏牛山南北坡的 66 个样地的调查结果,按各树种出现次数高低抽取前 21 种主要草本植物进行种间联结性分析。草本层 21 个主要种组成了 210 个种对,呈正联结的 115 对,占总数的 54.76%;呈负联结的 105 对,占总数的 45.24%。极显著正联结的 14 对,占 6.67%;显著正联结的 8 对,占 3.81%;极显著负联结的 4 对,占 1.9%;显著负联结的 5 对,占 2.38%。表现出正联结的种对,一起在同一生境中出现的机率较大,在长期的生长演化过程中,能适应相似的资源环境和对于干扰有相似的响应,在生态系统过程中能相互利用、相互支撑,生态位重叠较大,可以作为划分为同一功能群组的依据。表现为负联结的种对对生境的要求不同,对生活资源及外界的干扰有不同的响应,共同出现的机率较小,可以作为区分功能群组合的界限。

草本植物的分布特点是由它们内在特性决定的,它们个体较小,所占据的生态位较小。由于所处森林生

态系统的最下层,枯枝落叶可以提供较为丰富的矿质及有机物资源,林下的土壤的湿度也比较大,相对来说,光照强度就成为限制其分布的主要因素。羊胡子草在整个伏牛山的大部分地带都有分布,可能与其叶型对环境的适应性有较大的关系;鬼灯檠等的分布海拔较高的成熟林区,这些地方的乔木层郁闭度不高,能为叶面积较大的鬼灯檠、橐吾及蜂窝草提供相对充足的光照;野菊花、蒿等菊科植物是一种伴人植物,在路边或林窗林缘等少林向阳处多有分布;在土壤瘠薄或发生水土流失缺少其它植被的地方,一年蓬、火绒草等先期进入,而后是各种蒿类植被;蕨对森林生态系统阴湿的环境有较强的适应能力。

5.5 草本层植物功能群划分结果

群落中生态习性相似的种可以联合为生态种组^[21]。草本种群的生态习性不一致,而群落内的种间联结性揭示了群落中不同物种因受小生境影响而体现

在空间分布上的相互关系^[22]。所以,以负联结性作为界限、正联结为基础划分植物功能群。表现出显著负联结的种对有:蕨对鬼灯檠和蜂窝草,芒对臭草和苍术,宽叶苔草对掐不齐,蜂窝草对蒿。同一功能群内的种,两两之间有尽可能大的正联结性为原则,同时考虑物种在海拔梯度上的变化情况(生态位分化现象),大致可以将 21 个草本植物划分为 7 组植物功能群。各功能群内物种间均呈显著正相关,这是由功能群内的种具有相同的资源利用方式和相似的生态位所决定的。功能群间相关性相对减弱,这是因为功能群间具有不同的生活习性和不同的生态要求,这是生物多样性、功能多样性及保持生态稳定的基础。

通过种间联结分析,并结合海拔、乔木层的变化等环境要素对草本植被分布的影响。可以把伏牛山森林生态系统草本植物划分为以下几个功能群:

I “伴人型”

第一组:野菊花,香附子,掐不齐,臭草,荇草,蒿。类似种有:小藜(*Chenopodium serotinum*),苕麻(*Boehmeria nivea*)。这一功能群的植物经常相伴在中低海拔的林缘出现,反映出它们喜光等生物学特征。

II “高山型”

鬼灯檠,蜂窝草,宽叶苔草,堇菜。类似种有:铃兰(*Convallaria majalis*),这一组功能群主要分布在中高海拔的成熟林区中,环境湿润,人为干扰小,是中高海拔的标志种,叶型较大。

III “阴湿型”

橐吾,荞麦叶蓼。类似种有珍珠菜(*Lysimachia clethroides*),这一组主要分布在山谷溪流旁,喜阴湿的环境,叶质较厚。

IV “耐旱型”

菅草,费菜。类似种有:唐松草,博罗回(*Thalictrum aquilegifolium*),火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)等。这一组主要分布区为土壤较为贫脊的林窗内或道路旁,和每一组的分布接近。

V “林隙型”

苍术,兔儿伞。类似种有:天南星(*Arisaema erubescens*),杏叶沙参(*Adenophora hunanensis*),这一组主要分布在中海拔疏林内,叶质较硬。

VI “广布型”

羊胡子草,芒。分布范围最广,几乎在整个山区的任何地方都可以见到,是伏牛山草本植物的代表,它们

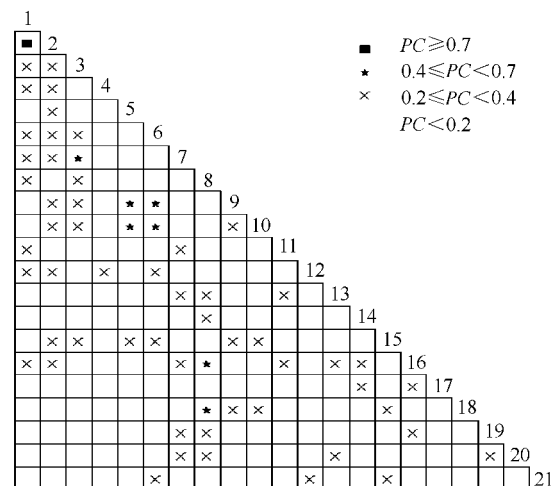


图 6 草本层优势种间联结分析 PC 值半矩阵图

Fig. 6 The PC value semi-matrix graph of interspecific association of dominant herbaceous species

的特点是:平行脉,叶子细长。

VII“原始型”

蕨。类似种有:各种低等植物,分布在潮湿的林下或石壁旁,是森林生态系统的较原始的物种。

这7组功能群各有其分布地带性和各自的形态特征,这些都是由于它们有相似的结构和功能。值得注意的是,功能群并不是绝对意义上的相似,只是从某一方面来讲它们有着一些共同之处,如羊胡子草和宽叶苔草,它们之间也有许多的形态相似的地方,但并没有把它们划分为一组。功能群组并没有包含所有的草本植物,只是对优势度较大的植物进了粗划分,全面的划分还需进一步的研究。从这些优势种组成的功能群我们可以清楚地了解到伏牛山森林生态系统林下草本植物的分布状况,为以后深入研究森林生态系统的结构和功能提供合适的研究对象。

分析这些功能群的功能特点和外部特征可以发现。光、水对草本植物的分布和功能群的划分的影响最大。为了适应这些环境要素,草本植物能不断的、快速的调整个体的形态、组织结构等自身特性。有着不同功能与结构的草本植物也能迅速的占领适合自身生存条件的空间。与个体较大、生命周期较长的乔木来比,草本植物以其个体小、适应力强等特点占据空余的生态位,为整个森林生态系统的资源利用最大化、长期稳定共存起来不可替代的作用。

6 结论与讨论

伏牛山自然保护区森林生态系统的林下草本优势种明显,以优势种为主体划分植物功能群有较高的可行性与代表性。根据优势种种间联结性的强弱,并结合优势种在海拔梯度上的变化,可以将伏牛山森林生态系统林下草本植物划分为7个功能群:I“伴人型”,II“高山型”,III“阴湿型”,IV“耐旱型”,V“林隙型”,VI“基础型”,VII“原始型”。这7种草本植物功能群基本上反映了不同环境条件下不同结构与功能的草本植被的分布情况。不同的林分发育阶段,对草本层的分布与数量有很大影响,从底海拔的葛条爬到高海拔的宝天曼顶,草本层的多样性与数量都有极大的增加。结合前人的研究^[23~29],说明草本植物在森林生态系统发育的前期到成熟期起到相当大的“填补作用”,对整个生态系统的稳定与充分合理利用资源的辅助作用不可忽视。

整个森林生态系统作为一个协同适应与进化的群体,乔木层相对属于竞争型,而草本层植被属于适应型,在这个意义上讲,草本植物具有更广泛的适应性,对整个生态系统而言,它起到一种基础保障作用。同样,草本植物是生态系统的先锋植被,也是退化生态系统的保留植被,它适应力强,有较宽的生态位,对光照的要求不高。由于其生活史短暂,能及时调整对当前生活环境的适应能力。在森林生态系统中,草本植物可以理解为“基础种”:它们在森林形成初期为“先锋种”,在森林稳定期为“保持种”,在退化的森林生态系统中为“保留种”;在某种程度上,可以把乔木层的种植物看成是“阳生植物”,而草本植物就是“阴生植物”,两者是相互依存的关系,各种乔木树种就是“镶嵌”在草本层植物上的“上层建筑”,草本比乔木有更高的氮捕获力^[30],却没有多年生的植物有更高的耐旱性^[31,32];而灌木层植被则是乔木层植被的第二梯队。从整体上来看,草本植物对整个生态系统的贡献是任何植物都无法替代的,在没有乔木种的地方,可以看到它们的分布,在有乔木的地方更是少不了它们。在稳定的生态系统中,植物功能群的组成具有较高的多样性。整个生态系统运用不同的植物功能群来适应不同地带的光、水、热、土壤等自然条件,它们相互组合,构成最佳的资源利用体系。植物功能群可以看作是对环境有相同响应和对主要生态系统过程有相似作用的组合^[3,4],也就是说草本植物可以作为同一功能群来对待,为了进一步具体的研究各种不同草本植物与环境间的动态关系,就有必要对草本植物进行功能群的进一步细划分。那么,以优势种为基础进行草本植物功能群的划分就更具科学意义。

References:

- [1] Smith T M, Woodward F I, Shugart H H, eds. Plant Function Types. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [2] Woodward F I, Cramer W. Plant functional types and climatic changes: Introduction. *Journal of Vegetation Science*, 1996, 7: 306—308.
- [3] Walker B H. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology*, 1992, 6: 18—23.
- [4] Noble, Gitay. 1996. Functional classification for predicting the dynamics of landscapes. *Journal of Vegetation Science*, 7: 329—336.

- [5] Ni J. Plant Functional Types and Biomes of China at a Regional Scale. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43 (4): 419—425.
- [6] Diaz S, Cabido M. Vive la difference; plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 2001, 16, 646—655.
- [7] Grime J P. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.
- [8] Huang J G. Characteristics of plant diversity and its reserving in Funiu Mountain Hennan province. *Territory & Natural Resources Study*, 2002(4): 82—83.
- [9] Liu Z M, Zhao X Y, Fan S X. Grime's CSR model and his philosophy of ecological research. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 8(4): 603—608.
- [10] Grime J P. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*, 1974, 250: 26—31.
- [11] Grime J P. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. Chichester: John Wiley & Sons, 1979.
- [12] Hodgson J G. Allocating CSR plant functional types: A soft approach to a hard problems. *Oikos*, 1999, 85: 282—294.
- [13] Bai Y F, Chen Z Z. Effects of long-term variability of plant species and functional groups on stability of a *leymus Chinensis* community in the XiLin river basin, inner Mongolia. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(6): 641—647.
- [14] Niu S L, Jiang G M. Comparison of photosynthesis and water use efficiency between three plant functional types in Hunshandak sandland. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 4, 699—704.
- [15] Bai Y F, Li L H, Huang J H, *et al.* The Influence of Plant Diversity and Functional Composition on Ecosystem Stability of Four *Stipa* Communities in the Inner Mongolia Plateau. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43 (3): 280—287.
- [16] Yang K, Guan D S. Biomass distribution and its functioning of forest understory vegetation. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25 (10): 1252—1256.
- [17] Shang F D, Wang P J, Feng G P, *et al.* Study on the Characteristics and Causes of Formation of Plant Diversity in the Funiushan Transition Region. *Journal of Henan University (natural science)*, 1998, 28(1): 54—60.
- [18] Wang B S. *Plant community*. Beijing: Higher Education Press, 1987.
- [19] Peng S L, Wang B S. Study on niche superposition of Forest Communities Dominant Species in Dinghushan. *Study on Tropic-subtropic Forest Ecosystem*, 1990 (6): 19—27.
- [20] Peng S L, Wang B S. Study on niche width of Forest Communities Dominant Species in Dinghushan. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1989 (3): 16—24.
- [21] Mueller-dombois D, Ellenberg H, Bao X C, *et al.* translated. *Goal and measures of vegetation ecology*. Beijing: Sciences Press, 1986. 26—87.
- [22] Yang Y C, Zhuang P, Li X R. Ecological studies on the forest community of *castanopsis platy Acanthi-schima sinensis* on emei mountain. *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, 18(2): 105—20.
- [23] Mao K, Pu C L, Ren B W. A preliminary report on the dynamic of the herbage communities in a young planted woodland in the hilly area of central. *Acta Phytocologica Sinica*, 1995. 19 (4): 384—388.
- [24] Yan W D, Tian D L, Jiao X M. A study on biomass dynamics and distribution of undervegetation in the secondary generation of chinese fir plantation in Huitong. *Forest Research*, 2003, 16(3): 323—327.
- [25] Lin K M, Hong W, Yu X T. The dynamic characteristics and forecasting models of biomass of undergrowth plant in Chinese fir plantation. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 37 (1): 99—105.
- [26] Lin K M, Ma X Q, Fan S H. The ebb and flow law of undergrowth vegetations in Chinese fir plantations. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2000, 20 (3): 231—234.
- [27] Lin K M, Zhang W F, Xie G Y, *et al.* Studies on the species diversity of the regenerated undergrowth in old-growth Chinese fir plantation. *Journal of Fujian College of Forestry*, 1997, 17(4): 314—317.
- [28] Lin K M, Hong W, Yu X. The study on biomass of undergrowth plant and its sampling technology in mature Chinese fir plantation. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2001, 21 (1): 28—31.
- [29] Lin K M, Guo Y S, Yu X T, *et al.* The structure characters of undergrowth vegetation composition in the old growth Chinese fir forest. *Journal of Fujian College of Forestry*, 1999, 19 (2): 124—128.
- [30] Buchmann N, Gebauer G, Schulze E D. Partitioning of ¹⁵N labeled ammonium and nitrate among soil, litter, below- and above-ground biomass of trees and understory in a 15-year-old *Picea abies* plantation. *Biogeochemistry*, 1996, 33: 1—23.
- [31] Ehleringer J R. Variation in gas exchange characteristics among desert plants. In: Schulze E-D, Caldwell M M eds. *Ecophysiology of photosynthesis (Ecological Studies 100)*. Berlin Heidelberg New York: Springer, 1994. 361—392.
- [32] Ehleringer J R, Cooper T A. Correlations between carbon isotope ratio and microhabitat in desert plants. *Oecologia*, 1988, 76: 562—566.

参考文献:

- [5] 倪健. 区域尺度的中国植物功能型与生物群区. 植物学报, 2001, 43 (4): 419 ~ 425.
- [8] 黄金国. 河南伏牛山植物多样性特点及其保护. 国土与自然资源研究, 2002 (04): 82 ~ 83.
- [9] 刘志民, 赵晓英, 范世香. Grime 的植物对策思想和生态学研究理念. 地球科学进展, 2003, 8 (4): 603 ~ 608.
- [13] 白永飞, 陈佐忠. 锡林河流域羊草草原植物种群和功能群的长期变异性及其对群落稳定性的影响. 植物生态学报, 2000, 24 (6): 641 ~ 647.
- [14] 牛书丽, 蒋高明. 浑善达克沙地不同植物功能型光合作用和水分利用特征的比较. 生态学报, 2005, 4, 699 ~ 704.
- [15] 白永飞, 李凌浩, 黄建辉, 等. 内蒙古高原针茅草原植物多样性与植物功能群组成对群落初级生产力稳定性的影响. 植物学报, 2001, 43 (3): 280 ~ 287.
- [16] 杨昆, 管东生. 林下植被的生物量分布特征及其作用. 生态学杂志, 2006, 25 (10): 1252 ~ 1256.
- [17] 尚富德, 王磐基, 冯广平, 等. 伏牛山南北自然过渡地带植物多样性的特征及其成因分析, 河南大学学报 (自然科学版), 1998, 28 (1): 54 ~ 60.
- [18] 王伯荪. 植物群落学. 高等教育出版社, 1987.
- [19] 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落植物优势种群生态位重叠研究. 热带亚热带森林生态系统研究, 1990, 6: 19 ~ 27.
- [20] 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落植物优势种群生态位宽度的研究. 中山大学学报, 1989 (3): 16 ~ 24.
- [22] 杨一川, 庄平, 黎系荣. 峨眉山峨眉栲、华木荷群落研究. 植物生态学报, 1994, 18 (2): 105 ~ 20.
- [24] 闫文德, 田大伦, 焦秀梅. 会同第二代杉木人工林林下植被生物量分布及动态. 林业科学研究, 2003, 16 (3): 323 ~ 327.
- [25] 林开敏, 洪伟, 俞新妥. 杉木人工林林下植物生物量的动态特征和预测模型. 林业科学, 2001, 37 (1): 99 ~ 105.
- [26] 林开敏, 马祥庆, 范少辉, 等. 杉木人工林林下植被的消长规律. 福建林学院学报, 2000, 20 (3): 231 ~ 234.
- [27] 林开敏, 张文富, 谢国阳, 等. 老龄杉木林下天然更新阔叶植被物种多样性研究. 福建林学院学报, 1997, 17 (4): 314 ~ 317.
- [28] 林开敏, 洪伟, 俞新妥, 等. 杉木成熟林林下植物生物量及其取样技术研究. 福建林学院学报, 2001, 21 (1): 28 ~ 31.
- [29] 林开敏, 郭玉硕, 俞新妥, 等. 老龄杉木林下植物成分结构特征. 福建林学院学报, 1999, 19 (2): 124 ~ 128.