杉木人工林林下植物物种 β 多样性的研究

林开敏¹ 黄宝龙²

1(福建农林大学杉木研究中心, 南平 353001)

2(南京林业大学森林资源与环境学院, 南京 210037)

摘要:应用 β 多样性测度公式对不同生长发育阶段和不同地位指数的杉木人工林林下植物进行定量分析。结果表明:不同生长发育阶段和不同地位指数的杉木人工林林下植物 β 多样性指数值存在明显差异,其中 56 年生老龄杉木林与 3 年生杉木幼林之间的林下植物 β 多样性指数值差异尤为明显,并且随着人工林生长发育阶段越接近 56 年生老龄杉木林,其林下植物 β 多样性指数越小;各杉木林群落中,14 地位指数的样地与 18 地位指数的样地间的林下植物 β 多样性指数值差异尤为明显。

关键词:杉木,人工林,林下植物 β 多样性

中图分类号:Q948.15

文献标识码:A

文章编号:1005-0094(2001)02-0157-05

Studies on β - diversity index of undergrowth plant in Chinese fir plantation

LIN Kai-Min¹, HUANG Bao-Long²

1 Chinese Fir Research Center, Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001

2 Forest Resource and Environment College, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037

Abstract: Undergrowth of plants in a Chinese fir plantation in different growth stages and site indices has been quantitatively analysed by using β -diversity index formulas. The results showed that the values of β -diversity index of undergrowth plant in different growth stages and site indices are obviously different, in which the difference between 56-year-old and 3-year-old forests is greatest, and the closer to 56-year-old in growth stages, the smaller in β -diversity index values, in each Chinese fir community, the difference of β -diversity index values of undergrowth plant between 14 and 18 site indices is also great.

Key words: Chinese fir, plantation, undergrowth plant, β -diversity

β 多样性是指沿着某一环境梯度物种替代的程度或速率、物种周转率、生物变化速度等,主要用于表明群落内或群落间环境异质性的 大小及其对物种、种多度的影响。 β 多样性还反映了不同群落间物种组成的差异:不同群落或某环境梯度上不同点之间的共有种越少, β 多样性指数值越大。测度群落 β 多样性的重要意义在于:1)它可以反映生境变化的程度或指示生境被物种分隔的程度;2) β 多样性的高低可以用来比较不同地点的生境多样性;3) β 多样性与 α 多样性一起构成了群落或生态系统总体多样性或一定地段的生物异质性(马克平等,1995;赵志模,郭依泉,1990;高贤明,马克平,1998;

李新荣等,2000;叶万辉,2000)。

林下植物是杉木人工林生态系统的一个重要组成部分。由于杉木多代连栽现象日益加剧,造成杉木人工林生产力和土壤肥力下降,直接威胁着杉木人工林可持续经营。人们开始对林下植物在人工林生态系统中的地位和作用进行深入研究和重新认识。从目前一些研究结果来看,林下植物对改善表层土壤肥力、减少林地水土流失、促进杉木凋落物的分解等都具有明显的作用,同时林下植物物种多样性的提高,还可有效减轻林分病虫害的发生和增加生态系统的稳定性。鉴于此,应用 β 多样性对不同生长发育阶段和不同地位指数的杉木人工林林下植

物进行定量计算,综合分析杉木林下植物物种多样性特征及其动态变化规律,进一步揭示杉木人工林林下植物的内在规律性,为杉木林下植被综合管理、生物多样性保护以及杉木人工林持续经营提供理论依据。

1 调查林分自然概况

本研究选择闽北杉木中心产区作为研究对象,不同发育阶段和不同地位指数的杉木人工林均设在南平市西芹教学林场。西芹教学林场位于福建北部,地理位置为 118°10'E 26°40'N,为武夷山脉东延支脉的中低山地,海拔一般在 200~500 m 之间,坡度为 25°左右,少部分在 35°以上。其主要成土母岩是沉积岩和变质岩。土壤为黄红壤,林地腐殖质层平均厚为 20.67 cm,肥力较高。该场属于中亚热带季风气候带,气候温暖,雨量充沛,平均温度 19.4℃,年平均降雨量为 1817 mm,多集中于 5、6 月。日照时间长,年均日照时数 1709.8 h,年均风速为 1.1 m/s,气候十分适宜于林业生产。由于地处中国东南部湿润森林区和中亚热带常绿阔叶林带,该区森林茂密,植物种类繁多。

2 研究方法

2.1 调查方法

在西芹教学林场邻近范围内选择具有代表性和不同林龄梯度的杉木人工林林分,其林龄分别为 3 年生(样地 A)、11 年生(样地 B)、20 年生(样地 C)、31 年生(样地 D)和 56 年生(样地 E)。然后在每一个林龄阶段按不同地位指数(14、16 和 18)各设置 1 块样地(20 m×20 m),共 15 块样地。地位指数在林业上常用来表示立地质量的好坏,其确定方法是先测定样地内 5 株杉木优势木的平均高,而后查武夷山区杉木地位指数表而得出的。样地设置后对杉木林分进行每木检尺(胸径和树高),然后在每一个样地内分别设置 5 个小样方,对杉木林下植物灌木层、草本层和藤本植物采用 2 m×2 m 样方进行调查,乔木层的林下植物采用 10 m×10 m 的样方进行调查。乔木层的林下植物按样方测定乔木树种种类、株数、胸径和树高;灌木层和草本层按种类测定其株数、高度和盖度等指标,并记录各样地的立地条件(包括坡向、坡位、坡度、坡形、土层厚度、A 层厚度、母岩、海拔高度和透光率等)。

2.2 测定方法

2.2.1 二元属性数据测度方法

Cody 指数(高贤明,马克平,1998;熊芳等,1997): $\beta_c = [g(H) + k(H)]/2$

Nilson 和 Shmida 指数(高贤明,马克平,1998;熊芳等,1997): $\beta_T = [g(H) + k(H)]/2 \bar{a}$

Jaccard 指数(高贤明,马克平,1998):

$$C_j = j/(a + b - j) \quad \beta_{cj} = 1 - C_j$$

Sorenson 指数(高贤明,马克平,1998):

$$C_s = 2j/(a + b) \quad \beta_{cs} = 1 - C_s$$

式中, $\bar{a}$ 为各样地的平均物种数; $g(H)$ 为沿生境梯度 H 增加的物种数; $k(H)$ 为沿生境梯度 H 减少的物种数; j 为样地 A 和样地 B 共有物种数; a 为样地 A 的物种数; b 为样地 B 的物种数。

2.2.2 数量数据测度方法

Bray-Curtis 指数(高贤明,马克平,1998):

$$C_N = 2jN/(aN + bN)$$

Morisita-Horn 指数(高贤明,马克平,1998):

$$C_{MH} = 2 \sum (a_{ni} \cdot b_{ni}) / (da + db) aN \cdot bN$$

式中, aN 为样地 A 的物种数目; bN 为样地 B 的物种数目; jN 为样地 A 和样地 B 共有种中个体数目较小者之和,即 $jN = \sum \min(jN_a + jN_b)$; a_{ni} 和 b_{ni} 为样地 A、B 中第 i 种多度指标, $da = \sum a_{ni}^2/aN^2$, $db = \sum b_{ni}^2/bN^2$ 。

3 结果与分析

3.1 不同林龄梯度杉木林林下植物 β 多样性的演变规律

采用二元属性数据和数量数据两种测度方法,分别对不同生长发育阶段杉木人工林之间的林下植物 β 多样性指数进行计算,结果见表 1。

为了比较不同林龄间杉木林林下植物 β 多样性的动态变化,着重对 56 年生杉木林分别与其他 4 个林龄阶段之间以及每两个相邻林龄间的 β 多样性指数进行比较分析。从表 1 可看出,56 年生老龄杉木林分别与其他 4 个林龄阶段之间的林下植物 β_c 、 β_T 、 β_{cj} 和 β_{cs} 多样性指数值相比较,基本上均呈现递减的总趋势。这说明 56 年生老龄杉木林与 3 年生杉木幼林群落之间的林下植物种类组成和群落生境存在较大差异,并且随着杉木人工林生长发育阶段越接近 56 年生老龄杉木林,其林下植物的共有种越多,物种更替速率越低, β 多样性越小。这可能是由于杉木幼林阶段(3 年生)林内光照条件优越,往往为

大量喜光的先锋植物和随机种所侵入 ;而到林分高度郁闭阶段(11 年生)后 ,林内透光率急剧下降 ,此时大量喜光植物退出该群落 ,林下植物种类稀少 ,只有少数耐荫的林下植物种类得以生存 ;尔后虽然实施了一次人工抚育间伐措施 ,但到 20 年生时杉木林冠又得到充分生长 ,林分很快又进入再次郁闭 ,此时林下植物呈现阳性与阴性植物暂时共存的局面 ;31 年生时 ,杉木林下植物形成明显灌、草两层结构 ,主要由阴性植物种类组成 ;56 年生老龄杉木林中 ,杉木林冠开始出现萎缩状态 ,一些阳性的落叶阔叶树和常绿阔叶树迅速生长进入杉木林冠层 ,填补杉木衰老所形成的林隙 ,此时林下灌木层和草本层仍主要由阴性植物组成 ,形成具有乔、灌、草多层次和多物种的复杂群落结构。

从每两个相邻林龄间的林下植物 β 多样性指数来看(表 1) β_c 、 β_T 、 β_{cj} 和 β_{cs} 存在一定差异 ,其中 3 年生与 11 年生之间以及 31 年生与 56 年生之间的林

下植物 β 多样性指数值较大 ,其他的 β 多样性指数值较接近 ,这说明 3 年生与 11 年生之间以及 31 年生与 56 年生之间的杉木林分生境和林下植物组成差异较大 ,共有种较少 ,群落间物种替代速率较高。这是由于 3 年生杉木幼林地大量喜光的先锋植物所侵入 ,而 11 年生杉木林 ,林分高度郁闭 ,林内透光率很低 ,在幼林阶段的大部分林下植物开始消失 ,只有一些耐荫的植物才能生存 ;56 年生老龄杉木林 ,由于轮伐期长和人为干扰较少 ,杉木生长衰退 ,林冠开始疏开 ,林下植物得到充分生长发育 ,一些阳性的落叶阔叶树和地带性的常绿阔叶树也迅速生长进入杉木林冠层 ,已形成明显的乔、灌、草多层群落结构。

由此可见 ,在不同生长发育阶段的杉木林中 ,因其生长状况和林分结构的变化 ,从而对林下植物组成和个体数量产生较大的影响。 β 多样性指数的时间动态变化在一定程度上能较好地反映林下植物演替进程的特点。

表 1 不同林龄梯度杉木林下植物 β 多样性二元属性数据和数量数据测度结果矩阵
Table 1 Matrix of β diversity index of undergrowth plant measured by binary data and numerical data among different forest age gradient

指数 Index	样地号 No. of plots	B	C	D	E
β_c	A	17.000	24.000	26.000	38.500
	B		9.0000	10.000	24.500
	C			13.000	27.500
	D				26.500
β_T	A	0.8947	0.9600	0.9596	0.9506
	B		0.6923	0.5882	0.8596
	C			0.5652	0.7971
	D				0.6883
β_{cj}	A	0.9444	0.9796	0.9455	0.9747
	B		0.8182	0.7408	0.9245
	C			0.7222	0.8871
	D				0.8154
β_{cs}	A	0.8947	0.9600	0.8966	0.9506
	B		0.6923	0.5882	0.8596
	C			0.5652	0.7971
	D				0.6883
C_N	A	0.3158	0.0400	0.2414	0.7416
	B		4.8462	4.0000	0.8772
	C			6.9565	3.8261
	D				3.4545
C_{MH}	A	2.4006	0.4352	0.6035	0.2068
	B		132.31	66.305	36.807
	C			131.28	112.79
	D				63.854

注 Note :A :样地 A Plot A ,林龄为 3 年 3-year-old forest ;B :样地 B Plot B ,林龄为 11 年 11-year-old forest ;C :样地 C Plot C ,林龄为 20 年 20-year-old forest ;D :样地 D Plot D ,林龄为 31 年 31-year-old forest ;E :样地 E Plot E ,林龄为 56 年 56-year-old forest

表 2 不同地位指数梯度间杉木林下植物物种 β 多样性
Table 2 The β diversity indices of undergrowth plant among different sites

方法 Methods	B			C			D		
	1 与 2 之间	1 与 3 之间	2 与 3 之间	1 与 2 之间	1 与 3 之间	2 与 3 之间	1 与 2 之间	1 与 3 之间	2 与 3 之间
β_c	7.0000	9.5000	4.5000	9.5000	16.500	14.000	16.000	20.500	16.500
β_T	0.3333	0.4872	0.2903	0.4872	0.6471	0.5600	0.5926	0.8039	0.6471
β_{ej}	0.5000	0.6552	0.4500	0.6552	0.7857	0.7175	0.7442	0.8913	0.7857
β_{cs}	0.3333	0.4872	0.2903	0.4872	0.6471	0.5600	0.5926	0.8039	0.6471
C_N	6.1905	3.0769	4.4516	6.1026	3.7255	7.0400	1.2963	0.3922	2.8627
C_{MH}	103.58	54.732	61.009	85.686	27.419	145.87	3.1714	0.5348	19.699

注 Note :B 样地 B Plot B 林龄为 11 年 11-year-old forest ;C 样地 C Plot C 林龄为 20 年 20-year-old forest ;D 样地 D Plot D 林龄为 31 年 31-year-old forest ;1 1 号样地 Plot1 地位指数为 14 site index is 14 ;2 2 号样地 Plot 2 地位指数为 16 site index is 16 ;3 3 号样地 Plot 3 地位指数为 18 site index is 18

从数量数据计算的 β 多样性指数来看(表 1),56 年生杉木林分别与其他 4 个林龄阶段之间以及每两个相邻林龄间的 C_N 和 C_{MH} 值基本上与二元属性数据计算的 β 多样性指数呈相反的变化趋势,这是因为 C_N 和 C_{MH} 是统计共有种的两个测度方法,共有种越多, C_N 和 C_{MH} 值越大 β 多样性则越小。但有时数量数据测定结果的变化趋势与二元属性数据也有不一致的情况,这可能与数量数据测定结果不仅考虑每一物种的存在与否,而且还考虑每一物种的个体数量有关。

3.2 同一群落不同地位指数梯度的林下植物 β 多样性演变规律

在 11 年生、20 年生和 31 年生杉木林群落中,对不同地位指数(14、16 和 18)样地间的林下植物 β 多样性指数进行计算(表 2)。

从表 2 可看出,11 年生杉木林中,林下植物 β_c 、 β_T 、 β_{ej} 和 β_{cs} 均表现出样地 1 与 3 之间数值 > 样地 1 与 2 之间数值 > 样地 2 与 3 之间数值,20 年生和 31 年生杉木林下植物的各 β 多样性指数值均表现出样地 1 与 3 之间数值 > 样地 2 与 3 之间数值 > 样地 1 与 2 之间数值。这说明在各群落中 14 地位指数的样地与 18 地位指数的样地间均存在较大的生境异质性,林下植物种类组成也存在较大差异;14 地位指数的样地与 16 地位指数的样地间以及 16 地位指数的样地与 18 地位指数的样地间,林下植物种类组成差异程度则因杉木林龄不同而有所不同。这是由于 18 地位指数的样地往往在下坡或山洼处,立地条件好,杉木生长旺盛,林分郁闭度大,透光率较低,林下植物主要由喜肥和耐荫的蕨类植物组成;而 14 地位指数的样地则基本位于山坡顶部,水肥条件较差,杉木生长较差,光照条件优越,林下植物往往由耐瘠薄和阳性的芒萁(*Dicranopteris pedata*)等

组成。因此,根据不同地位指数梯度间的林下植物物种 β 多样性分析结果,在林业生产实践中,可利用林下一些指示植物来辅助判断林地立地条件好坏,为杉木人工林生产经营提供决策和指导。

从数量数据计算的 β 多样性结果来看(表 2),11 年生杉木林下植物的 C_N 和 C_{MH} 均表现出样地 1 与 2 之间数值 > 样地 2 与 3 之间数值 > 样地 1 与 3 之间数值,20 年生和 31 年生杉木林下植物的 β 多样性各指数均表现出样地 2 与 3 之间数值 > 样地 1 与 2 之间数值 > 样地 1 与 3 之间数值。数量数据计算结果基本上与二元属性数据计算结果和排序呈相反的趋势。

3.3 不同属性数据的 β 多样性测度方法比较

综上所述,应用各种 β 多样性指数对杉木林下植物进行计算,可以定量和直观地评价不同林龄阶段和地位指数的杉木林下植物组成差异和生境异质性。但通过对不同属性数据的 β 多样性指数随环境梯度变化而变化的速率和趋势进行比较时(表 1 和表 2),可以发现,二元属性数据仅对物种的存在与否进行测度,其测度结果随环境梯度的变化而变化的趋势比较一致,但波动的幅度较小,即对环境梯度变化的反映是不敏感的。而数量属性数据不仅对物种的存在与否,而且对物种的个体数量特征进行测度,其测度结果随环境梯度变化而变化的幅度较大,即对环境变化的反映是相当敏感的。这与山地草甸 β 多样性的研究结果(高贤明,马克平,1998)是一致的。

4 小结

56 年生老龄杉木林分别与 3 年生、11 年生、20 年生和 31 年生计算的林下植物 β_c 、 β_T 、 β_{ej} 和 β_{cs} 多样性指数值基本上呈现递减的总趋势,这说明 56 年生

老龄杉木林与 3 年生杉木幼林群落之间的林下植物种类组成和群落生境存在较大差异,并且杉木人工林生长发育阶段越接近 56 年生老龄杉木林,其林下植物的共有种越多,物种更替速率越低, β 多样性越小。

每两个相邻样地的 β 多样性指数计算结果表明,3 年生杉木幼林与 11 年生杉木林之间以及 31 年生杉木林与 56 年生老龄杉木林之间的林下植物 β_e 、 β_T 、 β_{ej} 和 β_{es} 多样性指数值均较大,这说明在时间序列上,这两个阶段林下植物物种的周转速率较大,也就是说这两个阶段群落结构变化较大。

β 多样性指数计算结果均表明,各杉木林群落中 14 地位指数的样地与 18 地位指数的样地间存在较大的生境异质性,林下植物种类组成存在较大差异;14 地位指数的样地与 16 地位指数的样地之间以及 16 地位指数的样地与 18 地位指数的样地间的林下植物种类组成差异程度则因杉木林龄不同而有

所不同。因此,在林业生产实践中,可应用林下一些指示植物来辅助判断林地立地条件好坏。

参考文献

高贤明,马克平,1998. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 XI. 山地草甸 β 多样性. 生态学报,18(1):24~32
李新荣,张景光,刘立超,陈怀顺,石庆辉,2000. 我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究. 植物生态学报,24(3):257~261
马克平,刘灿然,刘玉明,1995. 生物群落多样性的测定 II. β 多样性. 生物多样性,3(1):38~43
熊芳,汪政科,朱忠保,朱林峰,熊四清,1997. 八大公山多样性分析与物种分布格局研究. 林业科学,33(专刊 1):20~30
叶万辉,2000. 物种多样性与植物群落的维持机制. 生物多样性,8(1):17~24
赵志模,郭依泉,1990. 群落生态学原理与方法. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社,81~169

(责任编辑:孙大川)