

暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征*

谢晋阳 陈灵芝

(中国科学院植物研究所, 北京, 100044)

5718.54

A

摘要 本文从区域、群落结构和动态出发研究了分布于华北地区的主要落叶阔叶林的物种多样性指数特征, 结论如下: (1) 随着从北到南纬度的不断降低, 落叶阔叶林的物种多样性指数不断增加, 优势度指数不断减小, 其中, 乔木层和灌木层的物种多样性指数均遵循上述规律, 草本层的物种多样性指数增加后又降低, 优势度指数减低后又增加。 (2) 海拔 1200m 以下, 物种多样性指数随海拔增加而增加, 海拔 1200m 以上则随海拔增加而减小。 (3) 乔木层同灌木层间的物种多样性指数具最大的相关性。 (4) 物种多样性指数从演替初期到中期不断地增加, 到演替后期开始下降。

关键词: 落叶阔叶林, 物种多样性, 群落结构, 演替。

暖温带落叶阔叶林区域, 位于北纬 $32^{\circ}30'$ — $42^{\circ}30'$ 之间, 东经 $103^{\circ}30'$ — $124^{\circ}10'$ 的范围内。地带性土壤是褐色土和棕色森林土。其气候夏季酷热多雨, 冬季严寒而晴燥, 年平均气温一般为 $8-14^{\circ}\text{C}$, 由北向南递增。此处地带性植被是落叶阔叶林^(1,2)。由于人类长期活动的影响, 暖温带落叶阔叶林目前只有小面积残存的中龄林。根据花粉孢子分析, 华北地区在第四纪冰期以后, 以松树、栎、桦、槭、榆等构成的落叶阔叶林和松林占有优势^(3,4), 而现存的落叶阔叶林由第四纪古植被的科、属植物所组成。可以认为现存落叶阔叶林是地带性植被类型与当地气候和土壤相适应的结果。但由于林龄不大, 尚未达到顶极状态。

暖温带落叶阔叶林以多种栎林为主。主要有辽东栎 (*Quercus liaotungensis*) 林、槲栎 (*Q. aliena*) 林、栓皮栎 (*Q. variabilis*) 林、槲树 (*Q. dentata*) 林、麻栎 (*Q. acutissima*) 林和锐槲栎 (*Q. aliena var acuteserrata*) 林等⁽⁵⁾。辽东栎林广泛分布在海拔 1000—1700m 的中山地带。原在 60 年代, 在北京山区海拔 600m 的阴坡还见有辽东栎林分布, 现早就消失。在中山地带, 人类活动较少的湿润的阴坡上, 出现有栎、多种槭树 (*Acer spp.*)、椴树 (*Tilia spp.*)、鹅耳枥 (*Carpinus spp.*)、榆树 (*Ulmus spp.*)、桦 (*Betula spp.*) 和大叶白蜡 (*Fraxinus rhynchophylla*) 组成的落叶阔叶混交林。其中椴、鹅耳枥和榆有时占有优势, 形成以它们为主而混有多种阔叶树的混交林。槲栎林在海拔 600—1350m 地带的阳坡和半阳坡分布, 分布海拔低于辽东栎林。这类栎林受破坏十分严重。栓皮栎林分布海拔更低, 破坏亦十分严重, 随着纬度降低, 其在南部山地分布海拔可高达 1300m。这一带栓皮栎林多为残存类型, 大部分地区的栓皮栎林已成萌生丛或消失。这类森林在亚热带地区有广泛分布。锐齿槲栎林出现在本带南部山地海拔 1100—1800m。随着海拔上升这类栎林为辽东栎林所替代, 辽东栎林在南部山地分布在海拔 1800—2300m。槲树林在本地带分布局限, 它与栓皮栎、分布于相似海拔, 但大多在阴坡出现, 现几乎全被破坏形成萌生丛或消失。这类栎林与栓皮林、锐齿槲栎林一样, 在亚热带山地也有分布。

山杨 (*Populus davidiana*) 林和桦木林为本地带的次生类型, 山杨林分布范围较广, 但面积

* 中国科学院“八·五”重大项目“生物多样性保护与持续利用的生物学基础研究”课题的一部分。

收稿日期: 1994 06 24, 修改稿收到日期: 1994 08 12。

不大,主要分布在排水良好的阴坡或沟谷。桦木林的类别较多,有棘皮桦(*Betula daburica*)林、白桦(*B. platyphylla*)林、硕桦(*B. costata*)林和红桦(*B. albo-sinensis*)林。棘皮桦林分布较局限,见于北部的海拔1300—1500m处的阴坡,它与辽东栎林占有相似海拔,棘皮桦为辽东栎林内常见成分。白桦林分布较广,分布海拔是900—2100m左右,亦因纬度不同而有变化,硕桦林一般见于亚高山顶部的阴坡,它常与次生草地和灌丛镶嵌分布。红桦林仅见于本带的南部山地,它分布生境与硕桦林相似,但纬度较南。这些次生落叶阔叶林在中低山将发展为栎林或落叶阔叶混交林,而在高度达海拔1700—2000m以上山地上分布的桦木林,在有种源的情况下,有可能发展为落叶松(*Larix spp*)林或云杉(*Picea spp*)林。

本文研究的落叶阔叶林,主要取样于北纬39°42′—40°58′,东经115°30′—117°25′的北京燕山、百花山和东灵山地区,用以代表暖温带的北部;取样于北纬35°25′—37°52′,东经111°28′—112°02′的山西霍山、中条山和关帝山地区,用以代表暖温带的中部;以及取样于北纬33°43′—36°34′,东经107°20′—111°57′河南的伏牛山和陕西的秦岭地区,用以代表暖温带的南部。在森林保存较好地段的不同坡向,用常规植物群落学调查方法取样,样地面积为20×20m²,共计样地97个,12个森林类型,包括各种栎林、桦木林、山杨林及多种阔叶混交林。其中,北部有样地60个,主要森林类型有:山杨林、白桦林、棘皮桦林、硕桦林、辽东栎林、蒙椴林、糠椴林、北鹅耳枥林、槲栎林、槲树林、栓皮栎林。中部有样地14个,主要森林类型有:山杨林、白桦林、辽东栎林、槲栎林、红桦林。南部有样地23个,主要森林类型有:辽东栎林、槲栎林、槲树林、栓皮栎林、红桦林。由于各类阔叶林分布地的位置差异,导致了环境条件的分异,从而导致了各类落叶阔叶林的物种多样性的差异。

物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的度量,对物种多样性的研究可以更好地认识群落的组成、变化和发展。生态学家们已提出了许多物种多样性指数的计算方法^[4]。在本研究中,主要选用常用的Margalef丰富度指数(Richness index)(Margalef,1957),用 D_1 代表;Shannon-Weaver变化度指数(Variety index)(Shannon & Weaver,1969),用 D_2 代表;Simpson优势度指数(Dominance index)(Simpson,1969),用 D_3 代表;Pielou均匀度指数(Evenness index)(Pielou,1969),用 J 代表。计算以上物种多样性指数应用软件由国际理论和应用生态中心(ICETA)提供。该软件在计算物种多样性指数时,采用了“稀释作用”(Rarefaction)处理技术,这样可消除各地样地大小的差异^[5-9]。

1 区域物种多样性的比较

在华北地区,随着从南到北纬度的增加,及海拔高度的增加,其热量、温度和水分条件,以及水热配合情况也发生了变化,自然这些变化对其上分布的落叶阔叶林的物种多样性也会产生影响。

1.1 纬度变化对物种多样性的影响

从代表北部的北京燕山、百花山、东灵山,到代表中部的山西关帝山、霍山和中条山,再到代表南部的河南伏牛山和陕西秦岭,由北向南形成了纬度梯度。由于纬度减低,气候变得较温暖、湿润,落叶阔叶林的物种多样性指数 D_1 、 D_2 和均匀度指数均随之增加,优势度指数 D_3 随之减少(表1)。

从群落结构来看,根据 D_1 的计算,南部较北部乔木的物种多样性指数将增加一倍。中部的物种多样性指数属于二者之间。 D_2 计算南北亦有差异。用 D_3 计算物种多样性南北差异不明显。灌木层的物种多样性指数南北差异亦明显。从乔木、灌木和草本的 D_1 、 D_2 和 D_3 的总和来看,中部与南部生物多样性指数差异不十分显著。其中有一因素是取样的中条山,其纬度偏南,因而物种要比较丰富,它与伏牛山有不少相似种类。但还是能看出南部山地物种多样性指数较中部为高。计算的 J 均匀度指数由北至南仍有梯度变化。

表 1 暖温带落叶阔叶林物种多样性指数的区域比较

Table 1 The interregional comparison for the species diversity of deciduous forests in North China

	北部 North	中部 Center	南部 South
D_1			
乔木 Tree	0.77	0.95	1.56
灌木 Shrub	1.57	1.87	2.66
草本 Herb	3.53	4.34	3.60
总和 Total	5.87	7.16	7.82
D_2			
乔木 Tree	0.69	1.01	1.10
灌木 Shrub	1.12	1.51	1.53
草本 Herb	1.55	1.81	1.72
总和 Total	3.66	4.33	4.35
D_3			
乔木 Tree	0.46	0.53	0.52
灌木 Shrub	0.41	0.37	0.29
草本 Herb	0.26	0.19	0.23
总和 Total	1.31	1.09	1.04
J			
乔木 Tree	0.46	0.50	0.69
灌木 Shrub	0.63	0.68	0.70
草本 Herb	0.67	0.76	0.62
总和 Total	1.76	1.94	2.01

注:根据 97 个样地资料统计所得。

(Data calculated from 97 sample plots)

草本层物种多样性指数 D_1 、 D_2 、 J ,从北部到中部随之稍有增加而优势度指数 D_3 随之减小,但再往南部时, D_1 、 D_2 和 J 不再增加反而降低, D_3 却不再减低反而增加了。这是由于从中部再往南部,由于环境条件的优越,乔木层和灌木层的物种多样性的增大,对草本层的物种有了抑制作用。因此,其物种多样性出现了这一波折现象(表 1)。

根据落叶阔叶林不同层次物种多样性指数分析,草本层中植物种类数最为丰富。这是普遍现象,但若以其在群落中的优势度来考虑,草本层在森林中的作用远不及乔木层。

对不同地区落叶阔叶林各层次物种多样性指数进行相关分析(表 2)可以看出北部、中部和南部各地区中,乔木种类与灌木种类的几种物种多样性和均匀度指数均显示出显著相关性,而乔木与草本和灌木与草本种类之间的各指数无显著相关,可见乔木种类数量对灌木物种的影响。特别是,南部落叶阔叶林的乔木与草本种类之间的各指数呈负相关关系。这进一步说明南部落叶阔叶林的乔木层对草本层种类有了抑制作用。

表 2 森林各层次物种多样性指数的相关关系

Table 2 The correlation of species diversity indices between the layers

	乔木-灌木 Tree-shrub			乔木-草本 Tree-herb			灌木-草本 Shrub-herb		
	北部 North	中部 Center	南部 South	北部 North	中部 Center	南部 South	北部 North	中部 Center	南部 South
D_1	0.3723**	0.7661**	0.8571**	0.1914	0.4613	-0.4354*	0.1015	0.3234	0.4108
D_2	0.3420**	0.6667**	0.8528**	0.1395	0.1565	-0.4188*	0.0332	0.4988	0.3967
D_3	0.3398**	0.6097*	0.5742**	0.1504	0.4106	-0.2127	0.0655	0.2614	0.1589
J	0.2854*	0.6988**	0.8058**	0.1298	0.0543	-0.3483	0.1339	0.4399	0.2032

注:根据 97 个样地资料统计所得,其中北部 60 个样地,中部 14 个样地,南部 23 个样地。

Data calculated from 97 sample plots including 60 plots in northern part, 14 plots in central part and 23 plots in southern part. * 在 5% 水平上显著 $p < 0.05$, ** 在 1% 水平上显著 $p < 0.01$.

1.2 海拔高度的变化对物种多样性的影响

从平地到高山山顶,气候条件差异很大。通常海拔每升高 100m,气温大约要下降 0.5—1℃左右,温度、风力、光照和其它气候因子及其配合方式,也会产生相应的变化,这些变化都会对群落的物种多样性产生影响。

分布在北京地区的落叶阔叶林、其经纬度相近、海拔高度将会对这些群落产生重要影响。现对 42 个样地的物种多样性指数及其海拔高度作一散点图,来观察这种影响(图 1)。图 1 中,乔木的多样性 Margalef 指数 D_1 随着海拔升高而增加,乔木的高指数值出现在海拔 600—1300m 之间,其后又降低。灌木层 D_1 指数值也在海拔 600—1300m 之间最大,其后又降低。草本层 D_1 指数值在海拔 700m 左右最高,其高指数值的海拔范围亦在 600—1300m 之间。北京山区物种丰富地带的垂直高度在海拔 600—1300m 之间。低海拔处物种多样性较低的原因是人为活动频繁所引起的植被破坏和土壤侵蚀,加之气候温暖、干燥,蒸发量大。在中山地带,一般人类活动减少,其气温和湿度适中,这是植物生长最适合的地带,物种多样性指数较高。随着海拔上升,气候变冷,降水减少,加之亚高山地带大部分森林被砍伐而变成牧场,对物种多样性指数极有影响。湿度是暖温带地区森林分布的制约因子,降水量一般随着海拔上升而增加到一定高度达到最大值,海拔再升高降水量又逐渐减少。根据植被资料及气候资料分析,本研究范围的降水量最大值约在海拔 600—1600m 之间^[2]。还因山地所在纬度不同,以及山体高度差异,其最大雨量带是有变化的。更值得注意的是,人类活动是影响垂直带及水平带物种多样性的重要因子。

2 统一多样性指数的比较

以上诸多的多样性指数至今只说明对一群落物种组成的改变在不同方式上的反映,其中有一些明显地反映物种数量方面的变化,另一些则明显反映各物种的个体数量的变化。

因为每个多样性指数都有其不同于其它指数的含义,因此,最好尽可能多地考虑各类多样性指数。然而,对于众多的多样性指数的选用,常使人们感到困惑。哪些多样性指数最适用?因此,Reyni (1961), Patil 和 Taillie (1976), Hill (1973) 提出了一些统一的多样性指数公式,以解释存在于多样性测定的不同方法中的连续性,这些公式具有一变化的参数,可将单一的多样性指数综合起来^[6]。

2.1 α -多样性

Reyni (1961) 提出了 α -多样性指数公式。这是不同多样性指数的综合公式,其含义不同于 Whittaker 的 α 多样性。此时, α 为一变化参数,在 0 到 2 之间变化。

$$H_\alpha = (\ln \sum P_i^\alpha) / (1 - \alpha)$$

其中, $P_i = n_i / N, i = 1, S$

n_i 是第 i 物种的个体数。 N 是全部物种的个体数。 S 为物种数量。

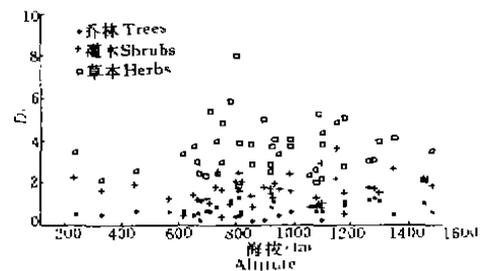


图 1 各类落叶林的 Margalef 物种多样性指数 D_1 与海拔高度的散点图

Fig. 1 The scatter of altitude and D_1 of deciduous forests

α 取 0 时可得到 $H(\alpha)$ 最大值;
 α 取 1 时, $H(\alpha)$ 为 Shannon 指数;
 α 取 2 时, $H(\alpha)$ 为 Simpson 指数的负指数对数。

2.2 β -多样性

Patil 和 Taillie (1976) 提出了 β -多样性指数公式。这也是不同多样性指数的综合公式,其含义不同于 Whittaker 的 β -多样性。此时, β 为一变化参数, 在 -1 到 +1 之间变化。

$$H(\beta) = (1 - \sum P_i)^{(\beta+1)} / \beta$$

其中, $P_i = n_i / N, i = 1, S$

n_i 是第 i 物种的个体数。 N 是全部物种的个体数。 S 为物种数量。

β 取 1 时为 Gini 指数。

β 取 0 时为 Shannon 指数。

2.3 Hill 系列

Hill (1973) 也提出了一个不同多样性指数的综合公式。变化参数 α 在 $-\infty$ 和 $+\infty$ 之间变化。在生态学上较有意义的是取 α 为 $-\infty, 0, 1, 2$ 和 $+\infty$ 。

$$N(\alpha) = \sum P_i^{1/(1-\alpha)}$$

其中, $P_i = n_i / N, i = 1, S$

n_i 是第 i 物种的个体数。 N 是全部物种的个体数。 S 为物种数量。

α 取 $-\infty$ 时, N_α 为最稀有物种相对多度的倒数;

α 取 0 时, N_α 为物种数;

α 取 1 时, N_α 为 Shannon 指数的自然指数;

α 取 2 时, N_α 为 Simpson 指数的倒数;

α 取 $+\infty$ 时, N_α 为最丰富物种相对多度的倒数, 也就是 Berger-Parker 指数。

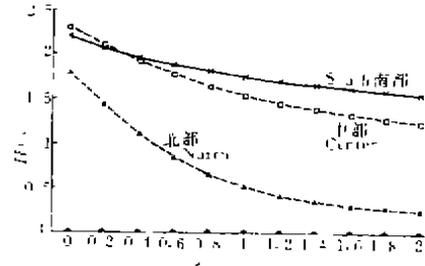


图 2 落叶阔叶林在中部、南部和北部的 α -多样性图
 Fig. 2 The α -diversity of deciduous forests in center, south and north

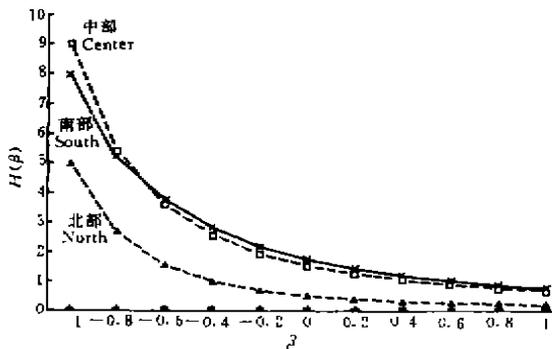


图 3 落叶阔叶林在中部、南部和北部的 β -多样性图
 Fig. 3 The β -diversity of deciduous forests in center, south and north

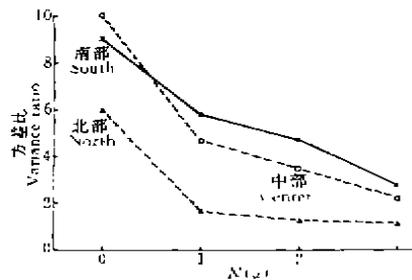


图 4 落叶阔叶林在中部、南部和北部的 Hill 系列图
 Fig. 4 The Hill series of deciduous forests in center, south and north

2.4 结论

暖温带的北部、中部和南部的落叶阔叶林的 α -多样性、 β -多样性、Hill系列的计算结果分别见图2、图3、图4。计算的计算机程序由国际理论和应用生态中心(ICETA)提供。其结果表明:南部和中部的物种多样性综合指数高于北部的综合指数。南部的伏牛山为秦岭东延余脉,地处暖温带和北亚热带的过渡地带,很多北亚热带植物在此生长。物种明显较北部的北京山区丰富。值得注意的是,南部和中部的生物多样性综合指数曲线有交错现象。这是由于中部和南部的植被有相近之处。

3 物种多样性与群落动态的关系

物种的多样性与群落演替动态密切相关。这一方面的研究已引起了人们极大兴趣。Margalef认为演替的顶极群落中物种多样性最大^[10,11],然而他又认为在群落演替的“Bloom stage”即兴旺阶段,物种多样性指数随演替进行而增加,但在随后的演替阶段物种多样性又有降低趋势^[12]。Odum也提出类似观点^[13]。Auclair和Goff在研究西大湖区高地森林(Upland forests in the Western Great lakes Area)时,也认为顶极群落的物种多样性指数值是介于群落演替的初期阶段和中期阶段^[14]。

现状植被都处于其演替系列中的某一阶段。要研究物种多样性与群落动态的关系,关键问题是定量确定群落所处的演替阶段。Curtis和McIntosh提出了以群落的构成指数CI(Compositional Index)来定量确定和定量描述群落的演替状态^[15]。构成指数就是组成植物群落的各乔木树种的重要值(Importance Value)和其顶极适应值——CAN值(Climax adaptation number)的乘积之和。也就是:

$$CI = \sum IV \cdot CAN \quad (1)$$

因此确定群落的CI值的关键是确定组成乔木树种的CAN值。物种的CAN值受区域限制。不同区域的物种,其CAN值不同。在一区域达到其最佳生长状态的各物种,其彼此间存在着一定的联系。依据它们在群落中的地位,一般可把它们从“先锋种”(Pioneer species)到“地带性物种”或“顶极物种”(Climax species)依次排列。根据研究区域大量的样地资料,首先确定相对地认为是最适合于该区域的顶极物种,然后以这个被确定的顶极物种为标准,根据由该顶极物种为优势的群落样方资料,来依次确定其它物种的CAN值,取值范围在1—10之间^[16,17]。通过对多年来北京地区植被资料的分析,初步得出北京地区主要乔木树种的CAN值(表3)(随着工作的深入,可做进一步探讨)。于是,就可得到北京山区主要森林类型的构成指数,由此可形成从森林演替的初期到演替中期,再到演替后期,这样一个梯度。图5中的X轴就反映了这个梯度,它表明:山杨林及几种桦木林处于演替的前期阶段,山杨林和白桦林的构成指数最低,它们便常常处于演替的前期。而棘皮桦和硕桦林的构成指数较山杨林和白桦林为高,它可以较快地向群落演替的中期和后期发展。槲树林主要处于演替中后期,而槲栎林和辽东栎林逐渐向演替后期发展。其原因是后2类栎林在个别山地尚保留较好的林分,但槲树林破坏严重。

图5的Y轴是森林的Margalef物种多样性指数。从中可以看出这样一个现象:当构成指数小于6时,即植物群落处于演替的初期和中期阶段,主要有山杨林,棘皮桦林,硕桦林和白桦林,这些群落的物种多样性指数随构成指数的增加而增加,也就是说物种多样性指数是随着演

表 3 北京地区主要乔木树种的顶极适应度
Table 3 Major tree species in Beijing region with the climax adaptation numbers of each

中文名 Chinese name	学名 Scientific name	顶极适应度 Climax adaptation number
辽东栎	<i>Quercus liaotungensis</i>	10
色木槭	<i>Acer mono</i>	9
青杉	<i>Picea wilsonii</i>	9
蒙椴	<i>Tilia mongolica</i>	9
大叶白蜡	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	8
槲栎	<i>Quercus aliana</i>	8
糠椴	<i>Tilia mandshurica</i>	8
油松	<i>Pinus tabulaeformis</i>	8
槲树	<i>Quercus dentata</i>	7
鹅耳枥	<i>Carpinus turczaninowii</i>	7
麻栎	<i>Quercus acutissima</i>	7
核桃楸	<i>Juglans mandshurica</i>	6
山荆子	<i>Malus baccata</i>	6
山楂	<i>Crataegus pinnatifida</i>	5
棘皮桦	<i>Betula dahurica</i>	4
毛叶丁香	<i>Syringa pubescens</i>	4
白蜡树	<i>Fraxinus chinensis</i>	4
桤桦	<i>Betula chinensis</i>	4
黄花儿柳	<i>Salix caprea</i>	3
北京丁香	<i>Syringa pekinensis</i>	3
硕桦	<i>Betula costata</i>	3
红桦	<i>Betula albo-sinensis</i>	3
山杨	<i>Populus davidiana</i>	2
白桦	<i>Betula Platyphylla</i>	2
大果榆	<i>Ulmus macrocarpa</i>	2
小叶朴	<i>Celtis bungeana</i>	2
西伯利亚杏	<i>Prunus sibirica</i>	1
山桃	<i>Prunus davidiana</i>	1
蒙桑	<i>Morus mongolica</i>	1

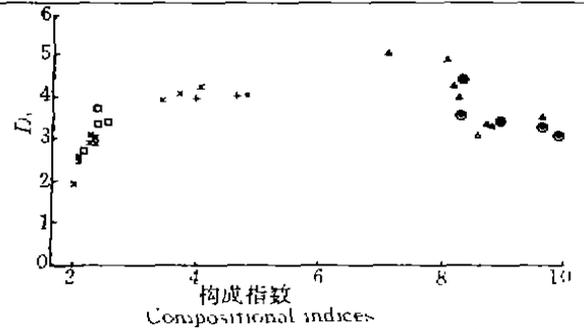


图 5 落叶阔叶林的多样性指数 D_i 与演替动态关系图
Fig. 5 The correlation between species diversity and succession

● 硕桦 *Betula costata* + 棘皮桦 *B. dahurica* □ 白桦 *B. platyphylla* ▲ 槲栎 *Quercus aliana* △ 槲树 *Q. dentata* ⊙ 辽东栎 *Q. liaotungensis* * 山杨 *Populus davidiana*

替的进行而增加。当构成指数大于 6 时,即植物群落处于演替的后期阶段,主要有槲栎林、槲树林和辽东栎林,这些群落的物种多样性指数随构成指数的增加而减少,即随着演替的发展而减少。因此物种多样性并非一直随着群落演替的发展而增加,在群落演替的初期和中期阶段物种多样性随演替而增加,在演替后期阶段则随演替进行而减小。物种多样性指数在群落演替的中后期最大。

参 考 文 献

- 1 中国植被编委会. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980
- 2 陈灵芝. 中国的生物多样性——现状及其保护对策. 北京: 科学出版社, 1993
- 3 孔昭宸, 杜乃秋, 张子武. 北京地区 10000 年以来植物群发展和气候变化. 植物学报, 1982, 24(2): 172—180
- 4 周昆权. 华北区第四纪植被演替与气候变化. 地质科学, 1984, (2)
- 5 陈灵芝, 鲍显诚, 陈清朗. 北京山区的栎林. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(2): 101—111
- 6 谢晋阳. 物种多样性指数与物种多度分布. 植物学综论. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993, 223—233
- 7 Ganis P. La Diversita' Specifica nella Comunita' Ecologiche: concetti, metodi e programmi di calcolo. Trieste: GEAD-EQ (10), 1191
- 8 Magurran A E. *Ecological Diversity and Its Measurement*. London & Sydney: Croom Helm, 1988
- 9 Sanders H L. Marine benthic diversity: a comparative study. *Amer. Nat.*, 1968, 102, 243—282
- 10 Margalef R. Information theory in ecology, *Gen. Syst.*, 1957, 3: 37—71
- 11 Margalef R. Succession in marine populations. *Advancing Frontiers Plant Sci.* 1963a, 2: 137—188
- 12 Margalef R. On certain unifying principles in ecology. *Amer. Nat.* 1963b, 97: 357—364
- 13 Odum E P. The strategy of ecosystem development. *Science*. 1969, 164: 262—270
- 14 Auclair Allan N, Goff Glenn F. Diversity relations of upland forests in the Western great lakes area. *Amer. Nat.*, 1972, 105(946): 499—528
- 15 Curtis J T, McIntosh R P. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 1951, 32: 476—496

- 16 Brown R T, Curtis J T. The upland conifer-hardwood forests of northern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 1952, 22: 217--234
17 Whittaker R H. A criticism of the plant association and climatic climax concepts. *Northwest Sci.*, 1951, 25: 17--31

SPECIES DIVERSITY CHARACTERISTICS OF DECIDUOUS FORESTS IN THE WARM TEMPERATE ZONE OF NORTH CHINA

Xie Jinyang Chen Lingzhi

(*Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100044*)

The species diversity characteristics of main deciduous broadleaved forests distributed in north China were studied on a regional, community structure and dynamic basis. The results show that the deciduous broadleaved forests have increasing species diversity indices and decreasing dominance indices with the decreasing latitude from the north to the south. Both the arbor and shrub layers of the forests follow the above regularity on species diversity indices while the herb layers have their species diversity indices increased first then decreased and their dominance indices decreased first then increased. The species diversity indices increase as the altitude increases below 1200m above sea level while decreasing as the altitude increases over 1200m above sea level. The species diversity indices of the arbor layers are most correlative to those of the shrub layers. The species diversity indices are increasing from the initial stage to the middle stage of succession and then decreasing in the climax stage.

Key words: species diversity, deciduous broadleaved forests, community structure, succession.