

DOI:10.11913/PSJ.2095-0837.2017.20234

邱丽飏, 柳涛, 常虹, 吴晓媛. 中国壳斗科植物空间多样性格局研究[J]. 植物科学学报, 2017, 35(2): 234-243

Qiu LC, Liu T, Chang H, Wu XY. Study on the spatial diversity patterns of Fagaceae in China[J]. *Plant Science Journal*, 2017, 35(2): 234-243

中国壳斗科植物空间多样性格局研究

邱丽飏*, 柳涛, 常虹, 吴晓媛

(太原师范学院地理科学学院, 山西晋中 030619)

摘要: 采用地理信息系统技术, 制作空间分布图、从空间上计算多样性格局指数, 研究中国壳斗科植物属、种的空间多样性分布格局。结果显示, 云南南部、广西北部 and 广东北部的属、种数量均较多, 是中国壳斗科植物多样性的重要分布地区, 甘肃南部、陕西南部、河南西部及南部是壳斗科植物向南、向北扩散的重要通道; 从多样性指数来看, 种的多样性指数值均比属的值高, 但均匀度指数却是属的值高; 当属或种的数量为 1 时, 其所占面积、占景观的比例、斑块数量、最大斑块指数、景观形状指数均最大, 随着属或种的数量逐渐增加, 其多样性明显提高, 但其各项指标基本呈依次降低的趋势。通过对壳斗科植物空间多样性格局进行量化研究, 获取了中国壳斗科植物空间多样性分布规律及多样性格局数量特点, 利用地理信息系统技术可以使多样性研究体现出空间性和定量化的特征。

关键词: 壳斗科; 空间多样性; 空间多样性格局; 地理信息系统; 中国

中图分类号: Q948.2

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2017)02-0234-09

Study on the spatial diversity patterns of Fagaceae in China

Qiu Li-Chuan*, Liu Tao, Chang Hong, Wu Xiao-Yuan

(School of Geographical Sciences, Taiyuan Normal University, Jinzhong, Shanxi 030619, China)

Abstract: The spatial distribution patterns of species and genera of Fagaceae in China were studied by geographic information system (GIS) technology, with the spatial distribution maps and indices of diversity patterns calculated. Results showed that south of Yunnan, north of Guangxi, and north of Guangdong were important ranges of Fagaceae diversity in China based on the greater number of genera and species. South of Gansu, south of Shaanxi, and west and south of Henan, which connected southern and northern China, were important areas of Fagaceae dispersal. Diversity indices of species were higher than those of genera, but the opposite was found for the evenness indices. When the number of genera or species was 1, the total area, percentage of landscape, number of patches, largest patch index, and landscape shape index were maximum. When the number of genera or species increased, those indices gradually decreased with number. Based on quantitative study, the spatial distribution and diversity patterns of Fagaceae in China were obtained. The use of geographic information system technology clarified the distinctiveness of the spatial and quantitative distribution.

Key words: Fagaceae; Spatial diversity; Spatial diversity pattern; Geographic information system; China

收稿日期: 2016-07-26, 退修日期: 2016-09-18。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071335, 41171423)。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (41071335, 41171423).

作者简介: 邱丽飏(1964-), 女, 教授, 主要从事植物地理学、地理信息系统研究(E-mail: qiulichuany@126.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence)。

我国常绿阔叶林的分布面积最大,发育最为典型,由壳斗科植物为主要树种构成,夏绿阔叶林以栎林最为常见^[1],与世界其它地区有所不同,壳斗科植物是我国常绿阔叶林和夏绿阔叶林非常重要的物种,对其研究具有重要意义。

前人已对壳斗科植物遗传多样性^[2-7]、物种多样性和生态系统多样性^[8-10]等进行了研究,但以前的研究是用表格的形式对分布于各省区的属数和种数进行统计^[11,12],没有采用地理信息系统技术,不便对各省区间壳斗科植物的关系进行研究;另外,以前对壳斗科植物空间分布格局的研究是基于绘图的方式绘出壳斗科及其种的大致分布范围^[13,14],难以将空间数据定量化。地理信息系统技术的优势是制图精度较高,能从空间上制作和分析数据,探讨空间数据的分布规律,但采用此方法对壳斗科植物空间格局进行研究的报道较少,方精云和刘国华等^[15,16]根据壳斗科植物中青冈属、栗属植物种类的分布点,用克里格插值的方法获得了空间分布连续性图;龚珑等^[17]在 ArcGIS 中将研究区域分割成 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的网格,用网格中的点来表示壳斗科中锥属 (*Castanopsis*)、青冈属 (*Cyclobalanopsis*) 和柯属 (*Lithocarpus*) 植物的一些种类分布图;李果等^[18]采用县数据对中国裸子植物空间分布进行了研究;Xu 等^[19]对世界栎属多样性进行了研究,但此研究仅限于一个属,没有采用更多的多样性指标;Fang 等^[20]基于中国各县制作了木本植物分布图(包括壳斗科植物种的分布图),但没有对空间多样性格局进行分析。

因此,我们采用地理信息系统技术,以县为空间数据基本单元,利用空间分布图、空间多样性格局指标,对壳斗科植物空间多样性进行研究,通过获取中国壳斗科植物空间多样性规律,以期对我国壳斗科、森林空间多样性及其格局定量化研究提供基础数据,对中国壳斗科植物、常绿阔叶林和夏绿阔叶林的保护利用及恢复提供一定的参考。

1 数据与方法

1.1 数据收集

通过中国数字植物标本馆 (CVH) 网站 (<http://www.cvh.ac.cn>)、中国在线植物志 (eFlora) 网站 (<http://www.eflora.cn>)、中国树木志^[21]、部分省区植物志^[22-24]以及正式发表的论文^[25-29]查找每一

种壳斗科植物的具体分布地点。要求确定每种植物具体分布的县,省区及分布范围不能确定到县的数据不采用;将同物异名的种类分布地点合并;壳斗科植物中不包括栽培种、杂交种;获取每个县的年平均温度、年降水量。

1.2 研究方法

采用 ArcGIS 9.2 软件制作种的空间数据,包括图形数据和属性数据,图形数据是以县为基本单元的中国地图(比例尺为 1:1000000),属性数据为种的分布,然后得到每个县壳斗科植物的属数量、种数量,最后制作壳斗科植物分布图,计算空间多样性格局指数。由于属和种所用的图形数据相同,分布范围也相同,所以属和种所得到的结果具有可比性。

在属或种的空间分布中,孤立的一个县为一个斑块,相邻的县共同构成一个斑块,斑块中属或种的数量有所不同,形成不同的斑块类型,通过计算空间多样性格局指标,可得到属或种的空间多样性及其多样性格局。

空间多样性格局指标的计算公式为:

斑块丰富度 (Patch richness, PR):

$$PR = m$$

Shannon 多样性指数 (Shannon's diversity index, $SHDI$):

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)$$

Simpson 多样性指数 (Simpson's diversity index, $SIDI$):

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$$

Shannon 均匀度指数 (Shannon's evenness index, $SHEI$):

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)}{\ln m}$$

Simpson 均匀度指数 (Simpson's evenness index, $SIEI$):

$$SIEI = \frac{1 - \sum_{i=1}^m P_i^2}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)}$$

类型的面积 (Class area, CA , 单位: 10^7 hm^2):

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \times \frac{1}{10000} \times \frac{1}{10000000}$$

类型所占景观面积的比例 (Percentage of landscape, *PLAND*):

$$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100\%$$

斑块的个数 (Number of patches, *NP*):

$$NP = n_i$$

最大斑块指数 (Largest patch index, *LPI*):

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} \times 100\%$$

景观形状指数 (Landscape shape index, *LSI*):

$$LSI = \frac{e_i}{\text{mine}_i}$$

上式中, *m*: 属或种空间分布中斑块类型的数量; *P_i*: 斑块类型 *i* 占其属或种分布区的比例; *n*: 斑块; *a_{ij}*: 斑块类型 *i* 中斑块 *j* 的面积; *A*: 属或种分布的面积; *n_i*: 斑块类型 *i* 中斑块的个数; *e_i*: 斑块类型 *i* 的全部周长。

在 Fragstats 3.3 软件中完成上述空间多样性格局指标的计算。在 SPSS 18 软件中将所有县的属数量、种数量分别与其年平均温度、年降水量做相关性分析。

2 结果与分析

2.1 中国壳斗科植物的空间多样性

经统计, 中国壳斗科植物共有 7 属 324 种 (包括变种), 属、种均分布于除新疆以外的中国所有省区, 除西北地区西部之外的中国东南部地区

(图 1, 图 2), 这与中国森林的水平分布大体一致^[1]。壳斗科植物分布范围较广, 从最西端的西藏吉隆县到最东端的黑龙江虎林市, 从最南端的海南三亚市到最北端的内蒙古额尔古纳市, 所跨地理范围为 18°9'N ~ 53°18'N、84°27'E ~ 133°56'E, 说明壳斗科植物适应能力强。许多属、种有聚集性, 但最多只有 6 属 (图 1)、69 种 (图 2) 聚集在一起, 分别占总属数、总种数的 85.7% 和 21.3%, 属明显高于种的聚集性 (图 1, 图 2)。从属、种的数量来看 (图 1, 图 2), 以秦岭为界, 其北方地区明显少于南方地区, 属、种数量较多的区域位于亚热带常绿阔叶林、热带季雨林和雨林, 尤其是常绿阔叶林分布范围较大, 这与壳斗科植物是以常绿阔叶林树种为主的特点^[1]相一致; 北方地区主要以栎属植物为主, 这与中国夏绿阔叶林以栎林为最常见类型^[1]的特点相一致。壳斗科植物可作为阔叶林恢复的主要树种。

北方地区壳斗科植物分布较为分散, 南方地区分布较为聚集 (图 1, 图 2)。北方地区壳斗科植物的属、种分布地点相同, 但种数明显多于属数, 它们零星分布于北方地区的中东部, 西北的东部、华北及东北, 间断分布于大、小兴安岭、长白山、太行山、秦岭北部, 但在新疆、青海的大部分地区、内蒙古和甘肃的西部没有壳斗科植物分布, 与西部相邻国家在空间上没有联系。北方地区 (不包括甘肃南部、陕西南部、河南西部及南部) 分布的壳斗科植物有 2 属、9 种。甘肃南部、陕西南部、河南西部及南部这 3 个地区的属数、种数明显多于北方

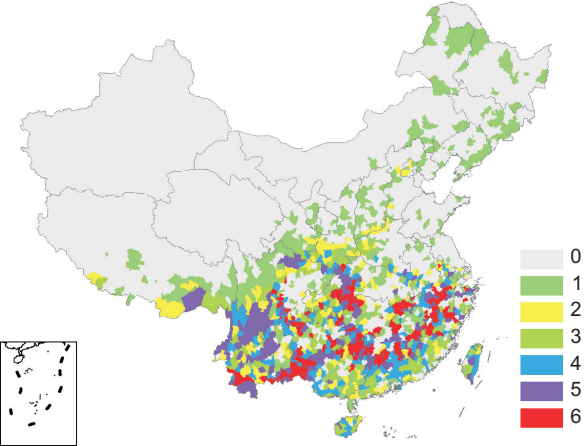


图 1 中国壳斗科植物属数分布图
Fig. 1 Distribution of genera number in Fagaceae of China

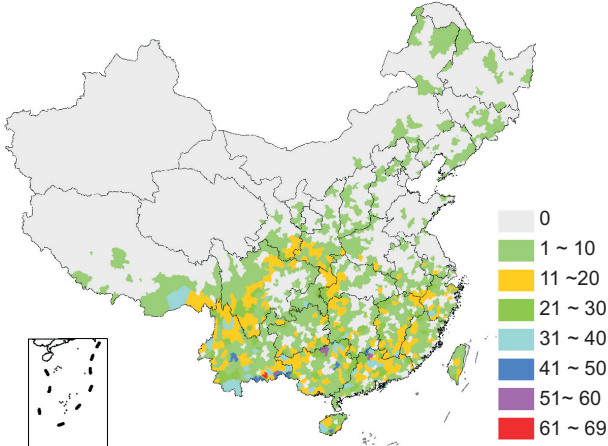


图 2 中国壳斗科植物种数分布图
Fig. 2 Distribution of species number in Fagaceae of China

其他区域，以此3个地区为中心，在空间上向南方地区延续，与南方地区北部的属种数相近；有些种广布于南方地区，向北可达这3个地区，甚至零星分布于更向北的地区。说明这3个地区是壳斗科植物的南、北过渡带，是壳斗科植物向南、向北扩散的重要通道。

南方地区所有省区均有壳斗科植物分布，且呈不规则的连续分布，在此分布区的边缘呈分散状态(图1, 图2)，说明南方地区适应壳斗科植物的生长。属数最多的分布区域明显大于种数最多的分布范围，可见分类等级越高，其分布范围越广，这与多种属有关。壳斗科有7个属，其中三棱栎属(*Formanodendron*)分布范围狭窄，仅分布于云南南部，而其它6个属分布范围较广，它们是构成属数最多的区域，从云南南部向东一直延伸到浙江东部，经过广西和广东的北部、贵州、湖南到福建的西北部、安徽南部、江西；从贵州、湖南向西北部进入四川中部；向北主要进入湖北西部。即从横断山南部沿云贵高原向东到南岭、武夷山脉，从云贵高原东部向北经巫山到秦岭南部，从云贵高原西部向北经横断山脉东部再到秦岭南部，随着属数的减少，壳斗科植物在上述分布区域周围向外扩展，分布范围增大，分布区逐渐连成一体。种数最多的区域是云南省东南部的屏边县，随着种数逐渐减少，种的分布区呈分散状态，最初从云南东南部、广西中北部到广东北部，然后范围扩大到云南、广西、广东、海南及周边省份，当种数减少到31种时(图2)，种的分布区域仍较为分散，但在云南南部、广西和广东北部、海南西南部分布较为聚集，以云南、广西、广东分布的种数更多，尤其是云南的种数最多，且集中于云南的东南部，形成了中国壳斗科植物种的分布中心，其次云南南部、广西和广东北部的属、种数量较多，是中国壳斗科植物物种多样性的重要地区，随着种数的减少，其分布区特点与属的相似。

属的数量与年平均温度、年降水量都显著相关($P < 0.01$)，相关系数分别是0.311、0.446，呈低度正相关；种的数量也如此，相关系数分别是0.295、0.331，比属的相关性稍低。说明中国壳斗科植物属、种的多样性受温度、降水的影响，与南、北方所处的地带相一致。北方地区的壳斗科植物地处北温带，属、种的数量较少，而南方地区主

要分布在亚热带，属、种的数量较多(图1, 图2)，北温带的温度、降水量均比亚热带的低，其属、种数量均比亚热带少，由北向南随着温度、降水量的升高，属、种的数量增加，呈现正相关。属、种的数量与年平均温度、年降水量的相关系数差异与其数量、分布区有关，种数比属数多，种的分布区比属的分布区更为破碎，造成种的数量与年平均温度、年降水量的相关系数比属的低。

2.2 中国壳斗科植物的空间多样性格局

中国壳斗科植物中属、种的斑块丰富度分别为6、48(表1)，表明属、种各有6、48个类型的斑块，属的类型分别是由属的数量为1、2、3、4、5、6组成(图1)，种的类型分别是由种的数量从1到41、43、44、47、50、51、56、69组成(图2)。属的类型为1，表示斑块只有1个属，属的数量为1；属的类型为2，表示斑块有2个属，属的数量为2，以此类推，属的类型与属的数量相同，种也如此。当属或种的类型为1时，表示一个属或一个种可独立分布，当属或种的类型大于1时，表示不同属或不同种聚集在一个县或一个斑块上分布，这时其属或种的多样性比属或种的类型为1的明显。种比属的斑块丰富度明显要高(表1)，原因是种的数目明显高于属的数目。

属的斑块丰富度为6，表示有6个类型的斑块(表1)，与属的数量(图1)相同，相对于种而言，属的Shannon多样性指数、Simpson多样性指数均不高，原因是斑块类型少，Shannon均匀度指数、Simpson均匀度指数均较高，属的数量较多的斑块分布范围较大，在南方广大地区分布较均匀(图1)。种的斑块丰富度为48，表示有48个类型的斑块(表1)，与种的数量分级(图2)一致，相对于属而言，种的Shannon多样性指数、Simpson多样性指数均较高，原因是斑块类型多，Shannon均匀度指数、Simpson均匀度指数均不高，主要是种数较多的斑块大多数分布范围小，连续分布于某个或几个县，或零星分布于几个较小的范围(图2)。从Shannon多样性指数、Simpson多样性指数来看(表1)，种的指数均比属的指数高，但Shannon均匀度指数、Simpson均匀度指数(表1)却是属的值高，说明种的斑块类型多，多样性更高(图2)，而属的斑块分布更均匀(图1)，可见多样性指数、均匀度指数能较好地衡量植物在空间

分布上的多样性格局。由于属、种分布范围相同，形成此多样性格局与属、种的不同分类等级有关，属的分类等级高于种的，1 个属包含 1 个或多个种，这使得 1 个属的斑块类型包含 1 个或多个种的斑块类型组成，属的斑块类型比种的少，斑块数量也比种的少，斑块类型、数量越多，显示其多样性指数更高、多样性更高。

从中国壳斗科植物属的空间多样性格局来看(表 2)，当属的数量为 1 时，其所占面积、占景观的比例、斑块数量、最大斑块指数、景观形状指数均明显高于属的数量大于 1 的情况，表明中国壳斗科植物分布以单独 1 个属占绝对优势，属的独立性较强，但整体聚集度低，比较破碎，对照图 1 可看出，属的分布广泛、分散、边界复杂。

随着属的数量由 1 增加到 6，其所占面积、占景观的比例、斑块数量、最大斑块指数、景观形状指数基本呈依次降低的趋势(表 2)，显示出当属的数量增加时，属的多样性越明显，但其景观优势逐渐降低，整体聚集度升高，破碎度降低，对照图 1 可看出，属的分布范围缩小，许多属主要分布于南方地区，边界简单。在属数较多的区域，其周边分布有属数较少的区域，体现出属间的关联性。

从中国壳斗科植物种的空间多样性格局来看(图 3)，当种的数量为 1 时，其所占面积、占景观的比例、斑块数量、最大斑块指数、景观形状指数均明显高于种数大于 1 的情况，与属的数量为 1 时有类似的结果。当属、种的数量均为 1 时，属的各项指标均比种的相应指标值高，其原因是属比种的分类等级高，1 个属包含多个种，如当某县有多个种属于同一个属时，其种的数量不是 1，但属的数量是 1。

随着种的数量由 1 增加到 69，其所占面积、占景观的比例、斑块数量、最大斑块指数、景观形状指数基本呈依次降低的趋势(图 3)，与属的数量增加时有类似的结果，体现出属或种的独立性很强，一个属或种分布于一个县，但属间或种间有联系，一个县有多个属或种分布的现象。属数、种数较多的县主要分布南方地区(图 1，图 2)。当属、种的数量均为最大，即属、种的多样性最高时，它们的空间多样性各项指标均最低，这与属、种的空间分布多样性特点有关，属、种的多样性中心范围较小，从中心往外多样性逐渐降低，属、种的数量也逐渐减少；其分布范围增大，则分布范围越大，其各项指标就越高。

表 1 中国壳斗科植物空间多样性格局
Table 1 Spatial diversity patterns of Fagaceae in China

壳斗科 Fagaceae	斑块丰富度 <i>PR</i>	Shannon 多样性指数 <i>SHDI</i>	Simpson 多样性指数 <i>SIDI</i>	Shannon 均匀度指数 <i>SHEI</i>	Simpson 均匀度指数 <i>SIEI</i>
属 Genera	6	1.6629	0.7801	0.9281	0.9361
种 Species	48	3.0217	0.9094	0.7806	0.9287

Notes: *PR*, Patch richness; *SHDI*, Shannon's diversity index; *SIDI*, Simpson's diversity index; *SHEI*, Shannon's evenness index; *SIEI*, Simpson's evenness index.

表 2 中国壳斗科植物中属的空间多样性格局
Table 2 Spatial diversity patterns of genera in Fagaceae of China

属数 Number of genera	类型的面积 (10 ⁷ hm ²) <i>CA</i>	类型所占景观面积的比例 (%) <i>PLAND</i>	斑块的个数 <i>NP</i>	最大斑块指数 (%) <i>LPI</i>	景观形状指数 <i>LSI</i>
1	11.1405	37.5168	161	5.6622	22.8427
2	3.8755	13.0512	88	1.1861	17.2207
3	3.7538	12.6413	80	1.0647	17.3263
4	3.6912	12.4304	89	1.1883	17.6842
5	4.2849	14.4298	66	2.6101	14.6985
6	2.9488	9.9305	39	1.319	12.9328

Notes: *CA*, Class area; *PLAND*, Percentage of landscape; *NP*, Number of patches; *LPI*, Largest patch index; *LSI*, Landscape shape index. Same below.

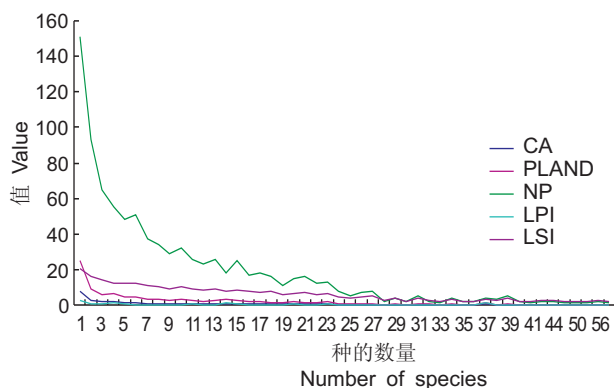


图3 中国壳斗科植物中种的空间多样性格局
Fig. 3 Spatial diversity patterns of species in Fagaceae of China

3 讨论

地理信息系统技术已应用于植物、植被研究中,用 ArcView 绘制物种分布图^[30],用景观格局指数研究植被空间格局^[31],本文采用此技术,以县为空间数据基本单元,以壳斗科植物的属、种为研究对象,制作了壳斗科植物空间数据及分布图,通过计算空间多样性格局指标,能得到壳斗科植物空间多样性分布规律及多样性格局数量特点,获得每个县的属数、种数,研究植物空间特性及联系,选择属或种、县的范围能更好地从空间上体现出植物空间多样性特点、联系,并能定量显示空间多样性格局的特点。

刘茂松等^[11]研究认为,中国壳斗科植物除新疆外全国各省区几乎都有分布,物种丰富度中心在云南、广西、贵州、四川等地,位于我国的西南云贵高原一带、尤其是云南分布更为集中,我们的研究结果与之相似。但我们的研究结果可细化到省区中的具体范围,从空间上可看到省区与县之间的联系,能更好地反映中国壳斗科植物空间多样性分布规律,云南南部、广西北部 and 广东北部的属、种数量均较多,是中国壳斗科植物多样性的重要地区,但属和种的空间多样性存在差异,这主要与属和种是不同的分类等级有关。

在秦岭以北的北方地区壳斗科植物空间分布及属种的数量较少,但南方地区则较多,这与南北方地区所处的地带有关,北方壳斗科植物地处北温带,而南方壳斗科植物主要分布在亚热带,壳斗科植物的南北分布差异与温度、降水有关,

它们更适合生长于温度较高、降水较多的亚热带地区。在亚热带地区壳斗科植物沿山体走向分布,从云南南部向东一直延伸到浙江东部,向北在四川盆地两侧呈环状向秦岭扩展,到达甘肃南部、陕西南部、河南西部及南部,这些地方是秦岭的重要组成部分,壳斗科植物通过秦岭向北方地区延续,可见秦岭是壳斗科植物向南、向北扩散的重要通道。

本研究中属、种的空间多样性格局指标获取范围很大,覆盖整个中国,但基本单元为县,属、种的类型是根据属、种的数量多少划分的,空间多样性格局指标的计算采用空间指标,基于斑块、属或种类型及其分布区,获取了每个县壳斗科植物的属、种多样性,同时可计算出空间多样性指标,使空间多样性定量化,这是本研究的特色。

采用多种空间多样性指标研究中国壳斗科植物的空间多样性格局,从多样性指数来看,种的值均比属的值高,但从均匀度指数来看却是属的值高,说明种的斑块类型多,多样性更高,而属的斑块分布更均匀,与空间多样性相一致,可见多样性指数、均匀度指数能较好地反映中国壳斗科植物的空间多样性格局。多样性指数、均匀度指数分别采用 Shannon 指数、Simpson 指数,属和种的 Shannon 多样性指数的差值大于 Simpson 多样性指数,同时 Shannon 均匀度指数差值大于 Simpson 均匀度指数,因此选择 Shannon 多样性指数、Shannon 均匀度指数研究多样性格局即可。在物种多样性研究中常采用 Shannon 多样性指数、Simpson 多样性指数、Shannon 均匀度指数、Simpson 均匀度指数,这些指数计算中都用到 P_i ,不同研究的 P_i 所代表的含义不同,例如:在植物群落物种多样性中, P_i 表示第 i 个种的个体数占群落中总物种个体数的比例^[32,33],或样方中第 i 种的个体数或多度占样方内全部个体数或多度的比例^[34], P_i 为乔、灌、草各层物种的重要值^[35];在植物分类多样性中, P_i 表示第 i 个种占 S 个种的综合优势的比例^[36];在景观物种多样性中, P_i 为物种 i 在样地内所占的盖度比^[37];而本文 P_i 表示斑块类型 i 占其属或种分布区的比例,从景观角度上研究植物空间多样性,既考虑了物种,又考虑了其所占空间分布范围,有利于大范围的多样性研究。

在空间多样性的格局指标中,属、种的类型分

别代表属、种的数量,属、种的类型指标包括面积、占景观面积的比例、斑块的个数、最大斑块指数、景观形状指数,通过对这些指标的计算可获得属、种数量的相关数据,比较当属或种的数量不同时,其各项指标的差异,掌握空间多样性格局规律。

中国壳斗科植物中属或种的数量为 1 时,其所占面积、占景观的比例、斑块数量、最大斑块指数、景观形状指数均最大,表明属或种的独立性很强,呈优势状态,尤其在北方地区或壳斗科植物的边缘地带非常明显,但属的各项指标均比种的相应指标值高,其原因是属比种的分类等级高,一个属包含多个种。随着壳斗科植物属或种的数量逐渐增加,属或种的多样性越明显,但其各项指标基本呈依次降低趋势,其分布范围缩小,这个特点在南方地区更为明显,种比属的情况更为突出,其原因是南方是亚热带地区,温度高,山体温度变化较大,随着山体的抬升,温度逐渐降低,为不同属或种创造了各自的生存条件,属或种的数量较多,但从水平空间来看,此山体分布范围较小,使得各项指标值较低;北方主要属于北温带地区,温度低,山体温度变化较小,属或种的数量较少,但其分布范围较大,使得各项指标值较高。

4 结论

中国北方地区壳斗科植物分布较为分散,南方地区分布较为聚集,甘肃南部、陕西南部、河南西部及南部是壳斗科植物向南北扩散的重要通道,云南南部、广西北部 and 广东北部是中国壳斗科植物多样性的重要地区。

从多样性指数来看,中国壳斗科植物中种的值均比属的值高,但均匀度指数却是属的值高。

当属或种的数量为 1 时,其所占面积、占景观的比例、斑块数量、最大斑块指数、景观形状指数均最大,随着属或种的数量逐渐增加,属或种的多样性明显,但其各项指标基本呈现依次降低的特点。

采用地理信息系统技术制作壳斗科植物空间数据及分布图,计算空间多样性格局指标,能得到壳斗科植物空间多样性分布规律及多样性格局数量特点,使空间多样性格局研究体现出空间性和量化的特征。

参考文献:

- [1] 武吉华,张绅,江源,康慕谊,邱扬.植物地理学[M].4版.北京:高等教育出版社,2004.
Wu JH, Zhang K, Jiang Y, Kang MY, Qiu Y. Plant Geography[M]. 4 ed. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [2] Fernandez-M JF, Sork VL. Genetic variation in fragmented forest stands of the Andean oak *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae)[J]. *Biotropica*, 2007, 39(1): 72–78.
- [3] Kumar A, Rogstad SH. A hierarchical analysis of minisatellite DNA diversity in Gambel oak (*Quercus gambelii* Nutt.; Fagaceae)[J]. *Mol Ecol*, 1998, 7(7): 859–869.
- [4] 郎萍,黄宏文.栗属中国特有种居群的遗传多样性及地域差异[J].植物学报,1999,41(6):651–657.
Lang P, Huang HW. Genetic diversity and geographic variation in natural populations of the endemic *Castanea* species in China[J]. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(6): 651–657.
- [5] 李俊清.中国水青冈种内种间遗传多样性的初步研究[J].生物多样性,1996,4(2):63–68.
Li JQ. Studies on intra- and inter- species gene diversity of Chinese beeches[J]. *Chinese Biodiversity*, 1996, 4(2): 63–68.
- [6] Pierson SAM, Keiffer CH, McCarthy BC, Rogstad SH. Limited reintroduction does not always lead to rapid loss of genetic diversity: an example from the American chestnut (*Castanea dentata*; Fagaceae)[J]. *Restor Ecol*, 2007, 15(3): 420–429.
- [7] Rogstad SH, Pelikan S. Restoring the American chestnut: optimizing founder spacing to promote population growth and genetic diversity retention[J]. *Restor Ecol*, 2014, 22(5): 668–675.
- [8] Wurst S, Kaiser N, Nitzsche S, Haase J, Auge H, Rillig MC, Powell JR. Tree diversity modifies distance-dependent effects on seedling emergence but not plant–soil feedbacks of temperate trees[J]. *Ecology*, 2015, 96(6): 1529–1539.
- [9] Itow S. Species turnover and diversity patterns along an evergreen broad-leaved forest coenocline[J]. *J Veg Sci*, 1991, 2(4): 477–484.
- [10] 熊莉军,郭柯,赵常明,刘长成.四川大巴山米心水青冈(*Fagus engleriana*)群落的物种多样性特征[J].生态学报,2008,28(8):4007–4014.
Xiong LJ, Guo K, Zhao CM, Liu CC. Species diversity of *Fagus engleriana* community in Daba Mountains, Sichuan, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8): 4007–4014.
- [11] 刘茂松,洪必恭.中国壳斗科的地理分布及其与气候条件的关系[J].植物生态学报,1998,22(1):41–50.

- Liu MS, Hong BG. The distribution of Fagaceae in China and its relationship with climatic and geographic characters[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(1): 41–50.
- [12] 刘茂松, 洪必恭. 中国壳斗科的分布格局类型分析[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(5): 18–22.
- Liu MS, Hong BG. The analysis of distribution pattern of Fagaceae in China[J]. *Journal of Nanjing Forestry University*, 1999, 23(5): 18–22.
- [13] 洪必恭, 安树青. 中国水青冈属植物地理分布初探[J]. 植物学报, 1993, 35(3): 229–233.
- Hong BG, An SQ. Preliminary studies on the geographic distribution of *Fagus* in China[J]. *Acta Botanica Sinica*, 1993, 35(3): 229–233.
- [14] 周浙昆, 孙航, 俞宏渊. 西藏壳斗科的地理分布[J]. 云南植物研究, 1995, 17(2): 144–152.
- Zhou ZK, Sun H, Yu HY. Distribution of Fagaceae in Tibet[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1995, 17(2): 144–152.
- [15] 方精云, 郭庆华, 刘国华. 我国水青冈属植物的地理分布格局及其与地形的关系[J]. 植物学报, 1999, 41(7): 766–774.
- Fang JY, Guo QH, Liu GH. Distribution patterns of Chinese beech (*Fagus* L.) species in relation to topography[J]. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(7): 766–774.
- [16] 刘国华, 方精云. 我国栗属物种(*Castanea millissima*)地理分布及其空间特征分析[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 164–170.
- Liu GH, Fang JY. Spatial patterns of chestnut (*Castanea millissima*) and its species geographical distribution in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 164–170.
- [17] 龚珑, 阎恩荣, 王希华. 常绿阔叶林壳斗科优势种植物地理特征数量分析[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2008(6): 63–74.
- Gong L, Yan ER, Wang XH. Quantitative analysis on the phytogeographic characteristics of Fagaceae dominant species in evergreen broad-leaved forest[J]. *Journal of East China Normal University: Natural Science Edition*, 2008(6): 63–74.
- [18] 李果, 沈泽昊, 应俊生, 方精云. 中国裸子植物物种丰富度空间格局与多样性中心[J]. 生物多样性, 2009, 17(3): 272–279.
- Li G, Shen ZH, Ying JS, Fang JY. The spatial pattern of species richness and diversity centers of gymnosperm in China[J]. *Biodiversity Science*, 2009, 17(3): 272–279.
- [19] Xu XT, Wang ZH, Rahbek C, Sanders NJ, Fang JY. Geographical variation in the importance of water and energy for oak diversity[J]. *J Biogeogr*, 2016, 43(2): 279–288.
- [20] Fang JY, Wang ZH, Tang ZY. Atlas of Woody Plants in China: Vol. 1[M]. Beijing: Higher Education Press, 2011.
- [21] 郑万均. 中国树木志: 第2卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- Zheng WJ. *Sylva Sinica*: Vol. 2[M]. Beijing: China Forestry Press, 1985.
- [22] 刘天慰. 山西植物志: 第1卷[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- Liu TW. *Flora Shanxiensis*: Vol. 1[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1992.
- [23] 刘尚武. 青海植物志: 第1卷[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1997.
- Liu SW. *Flora Qinghai*: Vol. 1[M]. Xining: Qinghai People Press, 1997.
- [24] 孙坤. 甘肃植物志: 第2卷[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2005.
- Sun K. *Flora of Gansu*: Vol. 2[M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2005.
- [25] 邱喜昭, 林鹏. 福建中亚热带常绿阔叶林壳斗科树种的水平分布特点[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(1): 36–41.
- Qiu XZ, Lin P. Characteristics of horizontal distribution of Fagaceae species in mid-subtropical evergreen broad-leaved forests of Fujian province[J]. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1989, 13(1): 36–41.
- [26] 王良民, 郭来锁, 方臻德, 赵红岩. 山西壳斗科(Fagaceae)分类与分布[J]. 山西农业大学学报: 自然科学版, 1992, 12(1): 8–12.
- Wang LM, Guo LS, Fang BD, Zhao HY. Classification and distribution of Fagaceae in Shanxi[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University: Nature Science Edition*, 1992, 12(1): 8–12.
- [27] 周浙昆, 孙航. 西藏壳斗科订正[J]. 云南植物研究, 1996, 18(2): 211–225.
- Zhou ZK, Sun H. A revision of Fagaceae from Tibet[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1996, 18(2): 211–225.
- [28] 李建强, 张敏华. 湖北山毛榉科修订[J]. 武汉植物学研究, 1998, 16(3): 241–252.
- Li JQ, Zhang MH. A revision of Fagaceae from Hubei[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1998, 16(3): 241–252.
- [29] 赵一之, 田虹. 内蒙古栎属的分类校正及其区系分析[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 2001, 32(4): 470–472.
- Zhao YZ, Tian H. A taxonomic revision and the flora analysis on *Quercus* in Neimongol[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*, 2001, 32(4): 470–472.
- [30] 薛建华, 薛志青, 王日新, Rubtsova TA, Pshennikova LM, 郭玉民. 黑龙江和图们江流域菱蓼(*Trapa* L.)植物分布格局及形态多样性[J]. 植物科学学报, 2016, 34(4): 506–520.
- Xue JH, Xue ZQ, Wang RX, Rubtsova TA, Pshennikova

- LM, Guo YM. Distribution pattern and morphological diversity of *Trapa* L. in the Heilong and Tumen River Basin [J]. *Plant Science Journal*, 2016, 34(4): 506–520.
- [31] 邱丽斌, 王尚义. 山西植被空间格局及演替[J]. 植物研究, 2014, 34(1): 6–13.
- Qiu LC, Wang SY. Spatial patterns and successions of vegetation in Shanxi [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2014, 34(1): 6–13.
- [32] 乔亚玲, 刘政鸿, 郝文芳, 张泉将, 李凤娇. 陕南秦巴山区药用植物群落物种多样性研究[J]. 植物科学学报, 2016, 34(2): 200–210.
- Qiao YL, Liu ZH, Hao WF, Zhang XJ, Li FJ. Species diversity of the medicinal plant community in the Qin-Ba Mountainous area of southern Shaanxi [J]. *Plant Science Journal*, 2016, 34(2): 200–210.
- [33] 巩合德, 杨国平, 鲁志云, 刘玉洪. 哀牢山常绿阔叶林树种多样性及空间分布格局[J]. 哀牢山常绿阔叶林树种多样性及空间分布格局[J]. 生物多样性, 2011, 19(2): 143–150.
- Gong HE, Yang GP, Lu ZY, Liu YH. Diversity and spatial distribution patterns of trees in an evergreen broad-leaved forest in the Ailao Mountains, Yunnan [J]. *Biodiversity Science*, 2011, 19(2): 143–150.
- [34] 沈泽昊, 张新时, 金义兴. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及其地形解释[J]. 植物学报, 2000, 42(6): 620–627.
- Shen ZH, Zhang XS, Jin YX. Spatial pattern analysis and topographical interpretation of species diversity in the forests of Dalaoling in the region of the Three Gorges [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2000, 42(6): 620–627.
- [35] 朱夏夏, 张华, 朱岩, 刘剑刚, 祝业平, 吕蕊, 王颖, 马明军. 老秃顶子石河冰缘地貌森林群落物种多样性及其影响因素[J]. 植物科学学报, 2016, 34(1): 67–77.
- Zhu XX, Zhang H, Zhu Y, Liu JG, Zhu YP, Lü R, Wang Y, Ma MJ. Forest community species diversity and the influencing factors in the rock stream periglacial landforms of Mt. Laotudingzi [J]. *Plant Science Journal*, 2016, 34(1): 67–77.
- [36] 李帅, 张婕, 上官铁梁, 郭东昱. 黄河中游湿地植物分类学多样性研究[J]. 植物科学学报, 2015, 33(6): 775–783.
- Li S, Zhang J, Shangguan TL, Guo DG. Wetland plant taxonomic diversity in the middle reaches of the Yellow River [J]. *Plant Science Journal*, 2015, 33(6): 775–783.
- [37] 王挺杨, 官飞荣, 王强, 吴玉环. 祁连山不同景观类型中苔藓植物物种多样性研究[J]. 植物科学学报, 2015, 33(4): 466–471.
- Wang TY, Guan FR, Wang Q, Wu YH. Study on bryophyte species diversity in different landscapes in Qilian Mountain [J]. *Plant Science Journal*, 2015, 33(4): 466–471.

(责任编辑: 张平)