

中国种子植物区系定量化研究 V. 区系相似性

左家哺

傅德志

(湖南林业专科学校, 衡阳 421005)

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要 本文总结了应用相似系数即关联系数进行植物区系相似性分析的现状,指出了存在的问题,然后,从集合论角度讨论了区系相似性、相似关系及其相似系数的实质。作者以为在区系相似性分析中应用R. R. Sokal和C. D. Michener(1958)提出的简单匹配系数比较适宜,同时亦能避免以往区系相似性分析中缺乏可比性及某些“表相”相似等问题。最后,还提出了总体相似系数和类型相似系数二个新概念,以便按照吴征镒教授关于中国植物区系研究的学术思想统一研究各个不同地区植物区系的相似性。对此,作者用了6个区系实例进行了演算说明。

关键词 定量区系学; 区系相似性; 简单匹配系数; 总体相似系数; 类型相似系数; 集合论

QUANTITATIVE STUDY ON SEED PLANT FLORA OF CHINA V. FLORISTIC SIMILARITY

Zuo Jiafu

Fu Dezhi

(Hunan Forestry Technical College, Hengyang 421005)

(Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100093)

Abstract This paper discusses how to use the similarity coefficients, i.e. association coefficients, to analyse the floristic resemblance and to resolve problems in comparative study of numerous floras being short of disirable comparison, and in floristic affinity tending to “phenology” similarity by using improper formula, or neglecting the negative matching shared numbers and so on. The authors take flora similarity in two separate circumstances, narrow and broad similarities, the former points to the normal matching shared numbers of any two floras, and the later, to both the negative and normal matching shared numbers of any two floras. The floristic resemblances, similar relationships and the substance of similarity coefficients from the angle of Set-Theory are discussed. It is considered that the formula of similarity coefficient set up by P. F. Russell and T. R. Rao(1940) is suitable for discussion and determination of narrow similarity, but the simple matching coefficient put forward by R. R. Sokal and C. D. Michener(1958) is suitable for broad similarity. Among them, the formula of similarity coefficient by P. F. Russell and T. R. Rao (1940) is a special form

湖南省高校青年骨干教师培养经费资助

1994-08-22 收稿; 1995-12-06 修回

i.e. $d=0$ of the formula of simple matching coefficient by R. R. Sokal and C. D. Michener (1958). The authors suggest two new concepts, one is the similarity in population, and the other, similarity in areal-type, so as to have a unified study of the floristic similarity in different regions separately according to the study of flora in China by Prof. C. Y. Wu. In this paper, six floras are used as examples.

Key words Quantitative floristics; Floristic resemblance; Simple matching coefficient; Similarity coefficient in population; Similarity coefficient in areal-type; Set-Theory

利用关联系数作为相似系数进行植物区系的相似性分析最早是 G. Bentham^[1], 接着 S. Kulczycki, G. Masamune, D. Szymkiewicz 等人论著中开始使用^[2-4]. 可以说, 相似系数不仅用于描述各植物区系间亲缘关系, 有助于推断它们的历史渊源; 而且进一步为区系成分划分、区系区划提供了一种度量指标^[4,5]. 目前, 相似系数公式较多^[6,7], 计算公式不同所获结果亦不相同. 因此, 采用何种相似系数公式来研究植物区系间的相似性是一个实际存在的问题. 尽管作者曾做过一些工作^[8], 但当时并没有与植物区系相似性实质联系在一起考虑, 故本文继续开展这方面的讨论与研究.

1 研究现状及其评价

为了以下讨论的方便, 我们把包含所有被研究的 m 个地区性植物区系的大范围区系称为母区系 (Overall flora), 其中任意二个地区性区系看作不同的运算区系单位 (Operational Floristic Unit, 缩写为 OFU) OFU_i 、 OFU_j , 它们具有的分类群数目称为元素数目并列成以下 2×2 列联表:

$$\begin{array}{c|cc}
 & \text{OFU}_i & \\
 & 1 & 0 \\
 \hline
 \text{OFU}_j & 1 & a & c \\
 & 0 & b & d
 \end{array} \quad (n = a + b + c + d) \quad (1)$$

式(1)中, a 为 OFU_i 、 OFU_j 间的共有元素数目即正匹配数; b 为 OFU_i 存在而 OFU_j 不存在的元素数目即错配数; c 为 OFU_j 存在而 OFU_i 不存在的元素数目即错配数; d 为 OFU_i 、 OFU_j 间的共无元素数目即负匹配数; n 为母区系中的总元素数目.

目前, 我国植物区系相似性研究的论文较多, 根据使用的公式不同可概括为以下 5 种情形.

1. 利用式(2)即 Jaccard 系数^[9]来研究^[10-13]. $a/(a+b+c)$ (2)

2. 利用式(3)即 Szymkiewicz 系数^[6]来研究^[14-16], 实质上, 式(3)是式(2)的特殊形式.

$$(a-f)/(a+b+c-f) \quad (f \text{ 为世界广布成分的数目}) \quad (3)$$

3. 利用式(4)即 Czekanowski 系数^[7]来研究^[18-23], 亦有人称式(4)为 Sorensen 系数^[21], 个别作者利用式(4)按不同分布区类型进行了研究^[23]. $2a/(2a+b+c)$ (4)

4. 利用式(5)即 Kulczycki 系数^[2]来研究^[14,16,24-32], 个别作者在应用此式时将分母中减去了世界广布成分的数目^[33]. $a/(a+b)$ (5)

有个别作者^[34]对式(5)中的分母按实际情况确定即若 $(a+c) > (a+b)$ 时, 则分母取 $(a+b)$; 若

$(a+c) < (a+b)$ 时, 则分母取 $(a+c)$ 。

5. 利用多种相似系数如 Jaccard, Czekanowski, Sokal, Michener, Ochiai, Bray, Curtis, 对称性信息系数以及非对称信息系数等^[7,9, 17, 35-38] 分别计算并综合分析来研究^[4,5,8,39-44]。

从以上应用相似系数公式研究植物区系相似性的现状来看, 主要存在以下几个问题: 1. 采用式(2)-(5)研究区系相似性时, 由于其分母项随各个 OFU 不同而变化, 故对多个 OFU 间的比较研究时, 其可比性极差^[45,46]。2. 世界广布成分的数目也是任二个 OFU_i, OFU_j 间的共有元素数目, 扣除世界广布成分的数目来统计相似系数, 其结果与区系实际的相似不一致; 特别是仅在分母项中扣除世界广布成分的数目将会使结果偏高, 出现“表相”相似。3. 任二个 OFU_i, OFU_j 间的相似系数计算时, 如果取较小者作为分母项, 结果将会出现更趋“表相”相似^[33,34]。4. 绝大多数作者在研究植物区系相似性时, 都没有考虑任二个 OFU_i, OFU_j 间的共无元素数目即负匹配数。事实上, 它们之间的共无元素也是其共有属性的一部分。

2 区系相似性与集合论

根据任二个 OFU_i, OFU_j 间共无元素 d 可以将区系相似性分为下面两种情形。

2.1 狭义区系相似性

狭义区系相似性(Narrow floristic resemblance)是指任二个 OFU_i, OFU_j 间存在的共有元素数目占该两个 OFU 总元素数目的程度。这种区系相似性不涉及共无元素 d , 它们之间的相似关系按集合论的观点^[47] 包括以下三种情况(图 1)。

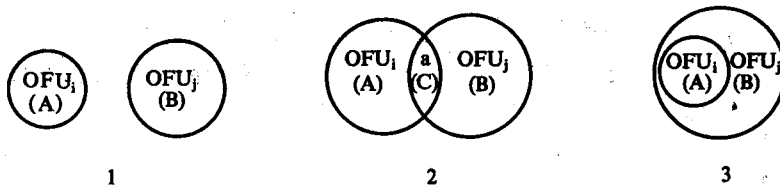


图 1 任二个 OFU_i 与 OFU_j 间狭义区系相似关系的维恩图解

Fig. 1 Venn map on the narrow floristic resemblant relationship between any two OFU_i and OFU_j

1 如果任二个 OFU_i 与 OFU_j 间没有共有元素, 若把 OFU_i, OFU_j 分别视为集合 A 与集合 B, 则此时集合 A 与 B 的交集为空集 \emptyset , 由于共有元素 $a=0$, 故它们之间的相似关系表达值—相似系数 $S=0$ (图 1-1)。

2 如果任二个 OFU_i 与 OFU_j 间有部分共有元素数目, 则集合 A 与 B 的交集 C 的元素个数 $p(C)$ 正是 OFU_i 与 OFU_j 间的共有元素数目 a , 而 OFU_i 与 OFU_j 的总元素数目正好是集合 A 与 B 的并集 $A \cup B$, 其元素个数 $p(A \cup B)$ 正是等于 $(a+b+c)$ 。此时, OFU_i 与 OFU_j 间相似关系表达值—相似系数 S 正是 Jaccard 系数即式(2)(图 1-2)。

3 如果任二个 OFU_i 与 OFU_j 间存在包含关系(图 1-3)即集合 A 包含集合 B $A \subseteq B$, 则它们之间的共有元素数目正好等于集合 A 的元素个数 $p(A)=a$, 它们的总元素数目正好是集合 B 的元素个数 $p(B)=(a+c)$ 。因此, OFU_i 与 OFU_j 间的相似关系表达值—相似系数 S 应为

$$a/(a+c) \quad (6)$$

由式(6)看出, 式(5)不同取舍是错误的。因为 OFU_i 对 OFU_j 而言是 100% 的相似, 但 OFU_j 对

OFU_i 而言至少有一部分元素不同即集合 A 与 B 的差集 B\A 的元素个数 $p(B\setminus A)=C$ 。因此，某些作者应用式(5)及其不同取舍形式来讨论区系间的相似性是片面的。

综合看来，第一种情形因 $a=0$ ，故 $S=a/(a+b+c)=0$ ；第三种情形因 $b=0$ ，故 $S=a/(a+b+c)=a/(a+c)$ 。因此，狭义区系相似关系的表达值—相似系数完全可以用 Jaccard 系数即式(2)来计算，然而，如果研究的区系即 OFU 超过 2 个时，多个区系间因没有同一标准而无法相互比较。对此，在研究狭义区系相似关系时，其表达值建议采用 Russell 和 Rao 系数^[46]即式(7)。

$$a/(a+b+c+d) \quad (d \text{ 的取值见式(1)}) \quad (7)$$

这样一来，各个区系间的相互比较才有可比的统一标准。但是在较大范围内研究某个地区性区系时， $n=(a+b+c+d)$ 数目较大，而对于大范围内的某二个特定地区性区系的共有元素 a 一般较小，所以式(7)计算结果较小，有时将可能出现“差之毫厘，失之千里”的情况。

2.2 广义区系相似性

广义区系相似性(Broad floristic resemblance) 是指任二个 OFU_i、OFU_j 间存在的共有及共无元素数目占母区系总元素数目的程度。按照集合论的观点^[47]，它们之间的相似关系同样亦可包括以下三种情形(图 2)。

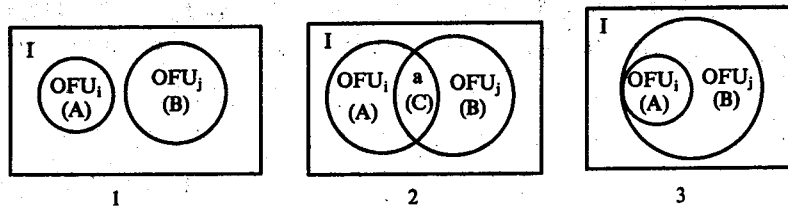


图 2 任二个 OFU_i 与 OFU_j 间广义区系相似关系维恩图解

Fig. 2 Venn map on the broad floristic resemblant relationship between any two OFU_i and OFU_j

1 首先，把母区系看成全集(Complete set)I，其元素个数 $p(I)=n=(a+b+c+d)$ 即等于母区系总元素数目。如果任二个 OFU_i 与 OFU_j 间仅存在共无元素数目即负匹配数 d (图 2-1)，即集合 A 与 B 的交集为空集 \emptyset ，其元素个数为 $a=0$ ，而集合 A 与 B 的并集 $(A \cup B)$ 的补集 $(\overline{A \cup B})$ 的元素个数 $p(\overline{A \cup B})=p(\overline{A \cap B})=d$ 。故此时任二个 OFU_i 与 OFU_j 间相似关系的表达值—相似系数 S 为式(8) $(a+d)/(a+b+c+d)=d/(b+c+d)$ (8)

2 如果任二个 OFU_i 与 OFU_j 间存在部分的共有元素数目即集合 A 与 B 的交集 C 的元素个数 $p(C)=a$ ，以及存在的共无元素数目即负匹配数(图 2-2)，后者是集合 A 与 B 的并集 $(A \cup B)$ 的补集 $(\overline{A \cup B})$ 的元素个数即 $p(\overline{A \cup B})=p(\overline{A \cap B})=d$ 。故此时任二个 OFU_i 与 OFU_j 间相似关系的表达值—相似系数 S 正是 Sokal 和 Michener 提出的简单匹配系数(Simple matching coefficient)^[47]即式(9)。 $(a+d)/(a+b+c+d)$ (9)

3 如果任二个 OFU_i 与 OFU_j 间存在包含关系(图 2-3)即 $A \subseteq B$ ，则它们之间的共有元素数目正好等于集合 A 的元素个数 $p(A)=a$ ，以及共无元素数目正好等于集合 B 的补集即 $I \setminus B$ 或 \overline{B} 的元素个数 $p(I \setminus B)=p(\overline{B})=d$ ；又由于 $b=0$ ，故此时任二个 OFU_i 与 OFU_j 间的相似关系表达值—相似系数 S 即为式(10)。 $(a+d)/(a+b+c+d)=(a+d)/(a+c+d)$ (10)

综合式(8)-(10)看出,式(8)和(10)都是式(9)的特殊形式。因此,广义区系相似关系的表
达值完全可用 Sokal 和 Michener 提出的简单匹配系数即式(9)来计算。

3 区系总体相似系数、类型相似系数及其实例说明

正如作者前文^[49]指出的一样,目前我国绝大多数作者基本上是根据吴征镒教授关于中国植物
区系研究学术思想^[50,51]进行植物区系研究的。因此,我们认为在分析植物区系的相似关系时,
不仅要分析各个区系间的共有和共无元素数目以统计其相似系数,而且还要按照不同分布区类
型分析其共有和共无元素数目以统计其相似系数。这样才有可能发现各个区系之间相似的内在
原因,找出其间的内在联系。这里我们将任二个 OFU_i 与 OFU_j 间总的共有及共无元素数目占其
母区系总元素数目的比率称之为区系总体相似系数 S_P (Floristic similarity coefficients in popula-
tion)。把任二个 OFU_i 与 OFU_j 间按不同分布区类型的共有及共无元素数目占其母区系同一分布
类型的总元素数目之比率称为区系类型相似系数 S_A (Floristic similarity coefficients in
areal-type)。区系总体相似系数和区系类型相似系数均采用简单匹配系数即式(9)来统计计算。

本文以神农架(I)、金佛山(II)、梵净山(III)、八大公山(IV)、荔波(V)和花坪(VI)等6
个区系作为不同的 OFU, 以中国植物区系为母区系, 据此对上述讨论加以实例演算与说明。按
式(9)对这6个区系(资料来源见文末附录)分别统计总体相似系数 S_P、类型相似系数 S_A 如表1。
对表1按总体相似系数 S_P 构造模糊最大生成树^[41]如图3。从图3及表1看出,第一是荔波与花
坪之间相似系数最大即最相似,其总体相似系数为0.891,两地之间类型相似系数大于总体相似
系数的分布区类型依次是第13、12、11、6、15、7、3和10种(各分布区类型代号及其内容详见
参考文献[50,51];下同),自然这两地之间的相似性主要表现在上述8种分布区类型方面。第二
是梵净山与八大公山之间,总体相似系数为0.889,两地之间类型相似系数大于总体相似系数的

表1 中国6个地区性植物区系之间属的相似系数

Table 1 The similarity coefficients of genera among the flora of six regions in China

OFU	区系类型相似系数 (S _A) Similarity coefficients in areal-types ^[50,51]															总体相似系数 (S _P) Similarity coefficients in population
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
I - II	0.817	0.784	0.887	0.852	0.893	0.888	0.908	0.812	0.833	0.838	0.793	0.971	0.991	0.805	0.899	0.862
I - III	0.817	0.863	0.972	0.903	0.919	0.959	0.940	0.733	0.754	0.796	0.862	0.994	0.974	0.795	0.876	0.874
I - IV	0.808	0.849	0.915	0.858	0.859	0.923	0.939	0.736	0.778	0.814	0.828	0.944	0.982	0.785	0.876	0.865
I - V	0.760	0.770	0.915	0.830	0.839	0.876	0.890	0.561	0.675	0.725	0.810	0.988	0.983	0.684	0.858	0.802
I - VI	0.808	0.816	0.901	0.864	0.872	0.893	0.953	0.624	0.619	0.713	0.810	0.983	0.983	0.723	0.858	0.828
II - III	0.788	0.822	0.887	0.858	0.879	0.882	0.909	0.776	0.746	0.838	0.862	0.977	0.983	0.795	0.858	0.856
II - IV	0.760	0.803	0.915	0.869	0.859	0.917	0.911	0.779	0.833	0.844	0.862	0.977	0.991	0.805	0.850	0.860
II - V	0.615	0.778	0.859	0.807	0.839	0.834	0.875	0.657	0.762	0.766	0.810	0.971	0.991	0.730	0.839	0.808
II - VI	0.663	0.770	0.901	0.852	0.859	0.852	0.906	0.693	0.746	0.754	0.845	0.965	0.991	0.756	0.861	0.826
III - IV	0.817	0.827	0.915	0.886	0.872	0.917	0.940	0.818	0.802	0.886	0.948	0.953	0.991	0.853	0.910	0.889
III - V	0.788	0.814	0.944	0.835	0.866	0.893	0.917	0.789	0.810	0.880	0.914	0.994	0.991	0.818	0.906	0.871
III - VI	0.837	0.833	0.901	0.892	0.926	0.935	0.935	0.792	0.825	0.844	0.914	0.988	0.991	0.844	0.921	0.888
IV - V	0.702	0.789	0.859	0.801	0.792	0.870	0.909	0.772	0.802	0.874	0.914	0.994	1.000	0.795	0.884	0.820
IV - VI	0.712	0.847	0.930	0.915	0.852	0.888	0.934	0.799	0.833	0.826	0.914	0.988	1.000	0.821	0.921	0.878
V - VI	0.856	0.827	0.901	0.864	0.859	0.935	0.911	0.838	0.841	0.892	0.966	0.994	1.000	0.876	0.925	0.891

分布区类型依次是第 13、12、11、7、6、3 和 15 种, 表明该两地间的相似性主要表现在这 7 种分布区类型上。第三是梵净山与花坪之间, 总体相似系数为 0.888, 两地之间类型相似系数大于总体相似系数的分布区类型依次是第 13、12、6、7、5、15、11、3 和 4 种, 说明这两地之间的相似性主要是表现在上述 9 种分布区类型方面。第四是神农架与梵净山之间, 总体相似系数为 0.874, 两地之间类型相似系数大于总体相似系数的分布区类型依次是第 12、13、3、6、7、5、4 和 15 种, 表明这两地之间的相似性主要表现在这 8 种分布区类型方面。第五是神农架与金佛山之间, 总体相似系数为 0.862, 两地之间类型相似系数大于总体相似系数的分布区类型依次是第 13、12、7、15、5、6 和 3 种, 表明这两地之间的相似性主要是由于这 7 种分布区类型所致。此外, 对图 3 截取不同的阈值:

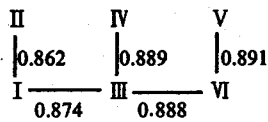


图 3 中国 6 个地区性植物区系的模糊最大生成树 (地区代号见附录)

Fig. 3 Fuzzy maximum spanning tree on the seed plant (genera) flora of six regions in China (No. regions see Appendix)

当 $\lambda \geq 0.891$ 时, 荔波与花坪结合在一起;

当 $0.889 \leq \lambda < 0.891$ 时, 梵净山与八大公山结合在一起;

当 $0.862 \leq \lambda < 0.889$ 时, 神农架与金佛山结合在一起;

如果 $0.862 \leq \lambda < 0.891$ 时, 则梵净山、八大公山、神农架和金佛山结合为一体。这与中国植物区系的有关研究^[50,51]较吻合。

综上所述, 应用 Sokal 和 Michener 提出的简单匹配系数即式(9)来研究母区系内多个地区植物区系之间的相似关系是比较适宜的, 尤其以总体相似系数为准则, 再深入分析与比较其类型相似系数的大小, 才有可能进一步反映各区系间相似的内在本质及其联系。

附录 本文 6 个地区性植物区系的资料来源

Appendix Data resource on the flora of 6 regions in China

I 神农架来自于“中国科学院武汉植物所, 神农架植物, 湖北人民出版社, 1980”

II 金佛山来自于“南川金佛山经济植物资源调查协作组, 金佛山经济植物资源调查研究, 1989”

III 梵净山来自于参考文献[46]

IV 八大公山来自于“湖南林学会等, 八大公山综合考察报告, 1987”

V 荔波来自于“贵州科学, 1985, 3 卷 2 期”

VI 花坪来自于“李树刚等, 广西花坪植物名录, 山东科技出版社, 1986”

参考文献

- 1 Bentham G. Flora Hongkongensis. Hongkong, 7-20
- 2 Kulczynski S. Die pflanzenassoziationen der pienenen. Bull Int Acad Pol Sci Lett Cl Sci Math Natur, Ser B 1927, Suppl. 2:57-203
- 3 Masamune G. A table showing the distribution of all the genera of flowering plants which are in digeneous to the japane empire. Ann Rep Bot Gard Taihoku Imp Univ, 1931, 1:51-92
- 4 左家哺. 植物区系的数值分析. 云南植物研究, 1990, 12(2):179-185

- 5 左家哺. 植物区系学的数学研究概况. 贵州科学, 1990, 8(1):63-69
- 6 徐克学. 生物学中相似性的定量表达—关联系数. Cathaya, 1989, 1:93-108
- 7 阳含熙, 卢泽恩. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社, 1981, 49-58
- 8 左家哺. 植物区系相似性分析中相似系数的确定. 铜仁林业杂志, 1991, (2):23-27
- 9 Jaccard P. Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull Soc Vaud Ssci Nat, 1908, 44:223-270
- 10 冯灿, 李鸿钧, 於炳等. 鄂东花马湖水生高等植物研究(I). 武汉植物学研究, 1991, 9(4):363-371
- 11 李光照. 苗儿山植物区系的初步研究. 广西植物, 1985, 5(3):211-226
- 12 莫新礼, 韦发南, 秦民富等. 植物区系: 广西大瑶山自然保护区综合考察报告. 上海: 学林出版社, 1988, 163-184
- 13 文和群. 广西大瑶山裸子植物区系及其在林业上意义的研究. 武汉植物学研究, 1992, 10(3):253-260
- 14 邓莉兰, 杨传东. 梵净山蕨类植物区系. 广西植物, 1991, 11(1):41-50
- 15 丁雨龙. 广西大明山自然保护区植物区系的研究. 南京林业大学学报, 1991, 15(1):30-35
- 16 耿晓昆. 元谋干热河谷植物区系的研究. 云南植物研究, 1988, 10(1):11-18
- 17 Czekanowski J. Zarys metod statystycznych. Warsaw: E. Wendego, 1913
- 18 郭新弧, 成文法, 程卫民等. 安徽古牛降自然保护区蕨类植物初步研究—种类、区系及其分布与环境的关系. 武汉植物学研究, 1989, 7(2):141-154
- 19 胡晓云, 吴鹏程. 四川金佛山蕨类植物区系的研究. 植物分类学报, 1991, 29(4):315-334
- 20 孔宪需. 四川蕨类植物地理特点兼论耳蕨-鳞毛蕨区系. 云南植物研究, 1984, 6(1):27-38
- 21 钱宏. 安徽大别山北坡及其邻近地区植物区系关系的研究. 武汉植物学研究, 1989, 7(1):39-48
- 22 王荷生. 中国种子植物特有属的数量分析. 植物分类学报, 1985, 23(4):241-258
- 23 谢国文, 丁宝章, 王遂义. 赣北云居山植物区系地理探讨. 云南植物研究, 1991, 13(4):391-401
- 24 陈谦海, 王雪明. 荔波植物区系的初步研究. 1985, 3(2):90-100
- 25 郝思军, 徐炳声, 缪柏茂. 舟山群岛植物区系的数值研究. 植物分类学报, 1989, 27(6):405-420
- 26 高蕴璋. 海南与邻近植物区系关系的初步研究. 广西植物, 1989, 9(3):210-219
- 27 刘登义. 皖赣边境六股尖山区植物区系的初探. 武汉植物学研究, 1988, 6(4):365-370
- 28 陶光复. 湖北大别山植物区系的初步分析. 武汉植物学研究, 1983, 1(1):91-100
- 29 吴邦兴. 滇南西双版纳热带雨林区系组成的初步分析. 云南植物研究, 1985, 7(1):25-47
- 30 吴鹏程, 李登科, 高彩华. 武夷山苔类植物区系与邻近山区的关系. 植物分类学报, 1987, 25(5):340-349
- 31 应俊生, 马成功, 张志松. 鄂西神农架植物区系和植被. 植物分类学报, 1979, 17(3):41-60
- 32 郑洁华. 湖北蕨类植物区系基本成分及主要特点的研究. 武汉植物学研究, 1987, 5(3):227-233.
- 33 应俊生, 李云峰, 郭勤峰等. 秦岭太白山植物区系与植被. 植物分类学报, 1990, 28(4):261-293
- 34 梁畴芬, 梁健英, 刘兰芳等. 弄岗植物区系的考察报告. 广西植物, 1985, 5(3):191-209
- 35 Bray J R, Curtis J D. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol Monogr, 1957, 27:325-349
- 36 Ochiai A. Zoogeographic studies on the solenoid fishes found in Japan and its neighbouring regions. Bull Jap Soc Sci Fish, 1957, 22:526-530
- 37 Sokal R R, Michener C D. A statistical method for evaluating systematic relationships. Univ Kansas Sci Bull,

- 1958, 38:1409-1438
- 38 陈耀东. 白洋淀水生植物区系的分析. 植物分类学报, 1987, 25(2):106-113
- 39 左家哺. 贵州含笑属的分类、地理分布与区系成分. 黔南林业科技, 1988, (1):1-10
- 40 左家哺. 贵州猕猴桃属植物的区系地理与分布. 经济林研究, 1988, 6(2):20-22
- 41 左家哺. 中国油杉属分布型与植物区系分区关系的模糊分析. 中南林学院学报, 1989, 9(2):199-205
- 42 左家哺. 贵州壳斗科植物区系地理的初步研究. 贵州林业科技, 1990, 18(3):54-59
- 43 左家哺. 中国竹亚科特有属区系地理的数值研究(I). 竹子研究汇刊, 1991, 10(3):18-27
- 44 左家哺. 贵州金縷梅科植物区系地理学的初步研究. 贵州林业科技, 1991, 19(1):1-6
- 45 宋建中, 李博. 鄂西木林子种子植物区系及其邻近区系的比较研究. 武汉植物学研究, 1991, 9(4):326-336
- 46 应俊生, Boufford D E, 屠玉麟. Phytogeographical relationships of the genera of angiosperms in the Fanjingshan mountain range, northeastern Guizhou, China. Ann Miss Bot Gard, 1991, 78(1):338-358
- 47 许华棋, 方金秋, 张君达. 集合与数. 北京:北京出版社, 1982, 1-66
- 48 Russell P F, Rao T R. On habitat and association of species of anopheline larvae in southeastern Madras. J Malar Inst India, 1940, 3:153-178
- 49 傅德志, 左家哺. 中国种子植物区系定量化研究(III). 热带亚热带植物学报, 1995, 3(4):23-29
- 50 吴征镒, 王荷生. 中国自然地理. 植物地理(上). 北京:科学出版社, 1983
- 51 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 1991, 增刊IV:1-139