

中国种子植物区系定量化研究 Ⅲ. 区系指数(Flora Index)

傅德志

左家嘯

(中国科学院植物研究所标本馆, 北京 100093)

(湖南林业专科学校, 衡阳 421005)

摘要 本文从植物区系研究现状出发, 依照吴征镒教授关于中国种子植物区系研究思想与方法, 提出了用于植物区系比较研究的一个新指数—区系指数(Flora Index), 详细讨论了其意义并用实例介绍了其应用情况。

关键词 定量区系学; 区系指数

QUANTITATIVE STUDY ON SEED PLANT FLORA OF CHINA Ⅲ. FLORA INDEX

Fu Dezhi

(Herbarium, Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100093)

Zuo Jiafu

(Hunan Forestry Technical College, Hengyang 421005)

Abstract In the present paper, a new Flora Index i. e. $F_{ij} = (L_{ij}/C_j)/(L_i/C)$ is specially designed to resolve the comparative study on numerous regional floras, and its floral geographical and mathematical significance has been discussed in detail. At last, the seed plant flora of Dujiangyan city and other 13 regional seed plant floras in China are shown to be examples by using floral index.

Key words Quantitative floristics; Flora Index

吴征镒的中国种子植物属分布区类型^[1,2]发表以后, 国内大多数学者都是依照吴氏思想及方法^[1,2]开展区系研究。在进行多个地区种子植物区系成分的比较时, 直接统计各分布区类型的属数, 计算它们各自所占的比例或占全国同一分布区类型的比例, 以此来反映被比较研究地区植物区系成分的组成特点^[3-14]。一般而言, 某植物区系的科、属、种数与该区系的面积大小有关, 因此上述作法就可能涵盖面积问题; 此外, 在同一区系中对各分布区类型数目作比较时, 总是分布区类型数目较多者占优势, 因此抹煞了反映区系特征的某些数目较少的分布区类型的作用。这样一

* 通信联络人 Corresponding author

本文承中国科学院植物研究所汤彦承教授提出宝贵意见, 覃海宁博士、刘军先生协助计算, 在此一并表示感谢。

1994-08-22 收稿; 1995-04-17 修回

来, 寻求既能表达某区系组成成分在中国(或更大范围)植物区系中的地位, 又可反映该区系自身性质, 并可用于多个区系比较研究的方法和指标, 已提上日程。本文提出的区系指数(Flora Index)就是一种尝试, 以抛砖引玉。

1 区系指数的定义及意义

我们把某个区系的某种分布区类型(即某种区系成分)的区系指数定义如下:

$$F_{ij} = (L_{ij}/C_j)/(L_i/C) \quad (1)$$

式(1)中, $i=1, 2, \dots, m$ 个区系(本文实例 $m=14$); $j=1, 2, \dots, n$ 个分布区类型(对中国种子植物属而言, $n=15$); L_{ij} 为第 i 个区系第 j 个分布区类型的属数; C_j 为中国第 j 个分布区类型的属数; $L_i = \sum_{j=1}^n L_{ij}$, $C = \sum_{j=1}^n C_j$ 分别为第 i 个区系和中国种子植物区系的总属数。同理, 式(1)中的属数可改用为种数; C_j 和 C 可定义为更大范围甚至全世界。

F_{ij} 是在同一标准状态下第 i 个区系第 j 分布区类型的区系指数。它是用第 i 个区系第 j 个分布区类型属数占全国同一分布区类型属数的比值与该区系总属数占全国总属数的比值之商来表达。 F_{ij} 值越大表明在 m 个区系中第 i 个区系第 j 个分布区类型越接近全国该分布区类型的现代分布中心; 反之亦然。

现将式(1)变换成另一种等价形式如式(2), 来进一步讨论其数学与区系地理学意义。

$$F_{ij} = (L_{ij}/C_j) \times (C/L_i) \quad (2)$$

式(2)包括二个部分: 一是 L_{ij}/C_j , 它反映了第 i 区系第 j 分布区类型在全国同一分布区类型方面的占有水平, 其值愈高, 说明该区系愈接近第 j 种分布区类型的现代分布中心。二是 C/L_i , 若令 $P_i = C/L_i$, 它相当于一个修正值, 以全国总属数为基准, 调节和修正各个区系因面积不同而对 L_{ij}/C_j 比值产生的影响。正如前面所述, 被研究区系的面积愈大, 它所包含的植物类群数目就愈多。在区系研究中, 各个区系面积大小总是不一样, 而各区系以及各分布区类型的属数总在变化。 P_i 作为以全国总属数为基准的一个修正值, 对于面积较大的区系, 因 L_i 较大而使 P_i 值较小; 反之, 对于面积较小的区系, 因 L_i 较小而使 P_i 值较大。这样一来, 就达到了修正不同面积区系组成成分的目的, 使各个不同区系具有同一的可比性。

同理, 还可将式(1)变换成式(3)的等价形式:

$$F_{ij} = (L_{ij}/L_i) \times (C/C_j) \quad (3)$$

象前面一样, 把式(3)分为二部分来说明。一是 L_{ij}/L_i , 表示第 i 个区系第 j 个分布区类型的占有水平, 在某种程度上反映了各种分布区类型对该区系影响与作用的主次; 二是 C/C_j , 表示全国总属数与全国第 j 个分布区类型的比值, 它相当于修正值 P_j , 能将 L_{ij}/L_i 比值调节、修正到全国各分布区类型所含属数的标准状态时的数值。

综上所述, 区系指数 F_{ij} 的值是指第 i 个区系第 j 个分布区类型在标准状态下的一个参数指标, 能定量地表达各种分布区类型在该区系中的作用大小, 能使多个不同区系各分布区类型在同一标准状态(即间接的等效面积状态)下进行对比分析。但是也必须指出, 区系指数作为一个抽象指标,

对于揭示与研究某一特定区系自身性质以及各个区系间的亲缘关系却显得毫无能力,还有待于更深入的探讨。

2 应用与实例

2.1 某一特定区系的分析

根据吴征镒的15个分布区类型^[1,2],以四川都江堰市种子植物区系为例,应用作者研制的程序^[15,16]对其原始资料作各种统计,结果及其排序列表如表1。

表1 四川都江堰市植物区系的种子植物属的分布区类型的统计分析

Table 1 Statistic analysis of areal types of Chinese seed plant genera in Dujiangyan flora, Sichuan Province

| Areal types* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | Total genera |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| C_j (全国) | 104 | 365 | 71 | 176 | 149 | 169 | 618 | 303 | 126 | 167 | 58 | 172 | 117 | 307 | 267 | $C=3169$ |
| L_{ij} (都江堰) | 57 | 122 | 12 | 30 | 24 | 30 | 58 | 154 | 46 | 53 | 13 | 4 | 1 | 107 | 35 | $L_i=746$ |
| L_{ij}/C_j | 0.548 | 0.334 | 0.169 | 0.170 | 0.161 | 0.178 | 0.094 | 0.508 | 0.365 | 0.317 | 0.224 | 0.023 | 0.009 | 0.349 | 0.131 | |
| 排序 Sequence no. | 1 | 5 | 10 | 9 | 11 | 8 | 13 | 2 | 3 | 6 | 7 | 14 | 15 | 4 | 12 | |
| L_{ij}/L_i | 0.076 | 0.164 | 0.016 | 0.040 | 0.032 | 0.040 | 0.078 | 0.206 | 0.062 | 0.071 | 0.017 | 0.005 | 0.001 | 0.143 | 0.047 | |
| 排序 Sequence no. | 5 | 2 | 13 | 9 | 11 | 9 | 4 | 1 | 7 | 6 | 12 | 14 | 15 | 3 | 8 | |
| F_{ij} | 2.328 | 1.419 | 0.718 | 0.722 | 0.684 | 0.756 | 0.399 | 2.158 | 1.551 | 1.347 | 0.952 | 0.098 | 0.038 | 1.483 | 0.556 | |
| 排序 Sequence no. | 1 | 5 | 10 | 9 | 11 | 8 | 13 | 2 | 3 | 6 | 7 | 14 | 15 | 4 | 12 | |

* 分布区类型据文献[1,2] Areal types from Wu Zhengyi (C. Y. Wu)

从表1看出, L_{ij}/C_j 与 L_{ij}/L_i 两者排序结果并不吻合,无法判断哪一种分布区类型对都江堰市种子植物区系的影响主次,以及哪一种分布区类型在中国种子植物区系中的地位高低。从表1还可看出, L_{ij}/C_j 与 F_{ij} 两者排序结果一致,但后者已消除面积不同的影响。根据前面的讨论,如欲判断某个分布区类型对该地植物区系影响大小及其在中国种子植物区系中的地位主次,只须直接比较 F_{ij} 值的大小。据此,我们试用参数估计的原理与方法^[17]对 F_{ij} 值进行分析,其步骤如下。首先,计算 F_{ij} 的平均值及标准差:

$$\bar{F}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{15} F_{ij} \tag{4}$$

$$S_{F_i} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{15} (F_{ij} - \bar{F}_i)^2} \tag{5}$$

其次,计算 \bar{F}_i 的误差限:

$$\Delta(\bar{F}_i) = t_{\alpha} \cdot S_{F_i} / \sqrt{n-1} \quad (t_{\alpha} \text{查双侧分位数表可知}) \tag{6}$$

第三,确定其区间:

$$\{[\bar{F}_i - \Delta(\bar{F}_i)], [\bar{F}_i + \Delta(\bar{F}_i)]\} \tag{7}$$

最后,建立以下四项标准:

- ① 当 $F_{ij} > \{\bar{F}_i + \Delta(\bar{F}_i)\}$ 时, 这些分布区类型对该区系性质影响极大;
- ② 当 $\{\bar{F}_i + \Delta(\bar{F}_i)\} > F_{ij} > \bar{F}_i$ 时, 这些分布区类型对该区系性质影响较大;
- ③ 当 $\bar{F}_i > F_{ij} > \{\bar{F}_i - \Delta(\bar{F}_i)\}$ 时, 这些分布区类型对该区系性质影响较小;
- ④ 当 $F_{ij} < \{\bar{F}_i - \Delta(\bar{F}_i)\}$ 时, 这些分布区类型对该区系性质影响极小。

按式(4)-(7)对表1中 F_{ij} 值进行统计得到表2。据此, 对照表1可知: 世界广布、北温带、东亚-北美间断、东亚和泛热带等分布区类型对都江堰市种子植物区系性质影响极大; 旧世界温带分布区类型对都江堰市种子植物区系性质影响较大; 温带亚洲、热带亚洲-热带非洲、旧世界热带、热带亚洲与热带美洲间断和热带亚洲-热带大洋洲等分布区类型对都江堰市种子植物区系性质影响较小; 中国特有分布、热带亚洲、地中海区-西亚及中亚、中亚等分布区类型对都江堰市种子植物区系性质影响极小。上述计算与分析是对原始数据的处理结果, 如何解释其因果关系是任何方法本身难以解决的问题, 而主要是依赖于这一学科的知识积累以及研究者理解的深度。

表2 都江堰种子植物区系各分布区类型 F_{ij} 值的参数估计
Table 2 Parameter estimation of F_{ij} of every areal-type in Dujiangyan seed plant flora based on the genera

| \bar{F}_i | S_{F_i} | $\Delta(\bar{F}_i)$ | $\bar{F}_i - \Delta(\bar{F}_i)$ | $\bar{F}_i + \Delta(\bar{F}_i)$ | $t_{0.05}$ |
|-------------|-----------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------|
| 1.014 | 0.684 | 0.395 | 0.619 | 1.409 | 2.160 |

2.2 多个区系的比较分析

以我国14个地区种子植物区系各分布区类型原始资料(表3)为例(资料来源详见附录), 应用作者研制的程序^[15,16], 由表3直接导出 F_{ij} 指数(表4)。

表3 我国14个植物区系中各分布区类型的属数

Table 3 Number of genera in areal types of 14 floras in China

| Flora code* | Areal type | | | | | | | | | | | | | | | Total genera |
|-------------|------------|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 01 | 54 | 158 | 22 | 68 | 45 | 45 | 142 | 93 | 52 | 27 | 3 | 2 | 0 | 94 | 35 | 840 |
| 02 | 29 | 133 | 18 | 54 | 34 | 26 | 87 | 30 | 23 | 13 | 1 | 1 | 0 | 28 | 5 | 482 |
| 03 | 51 | 288 | 45 | 133 | 108 | 87 | 270 | 51 | 32 | 17 | 1 | 7 | 2 | 39 | 17 | 1148 |
| 04 | 52 | 102 | 7 | 31 | 10 | 33 | 30 | 108 | 31 | 33 | 7 | 2 | 1 | 56 | 11 | 514 |
| 05 | 60 | 152 | 20 | 54 | 35 | 31 | 84 | 142 | 62 | 51 | 9 | 6 | 2 | 109 | 51 | 868 |
| 06 | 53 | 77 | 8 | 21 | 20 | 18 | 45 | 166 | 58 | 56 | 11 | 2 | 2 | 109 | 34 | 680 |
| 07 | 57 | 122 | 12 | 30 | 24 | 30 | 58 | 154 | 46 | 53 | 13 | 4 | 1 | 107 | 35 | 746 |
| 08 | 62 | 128 | 16 | 37 | 30 | 31 | 84 | 145 | 57 | 49 | 11 | 5 | 1 | 105 | 39 | 800 |
| 09 | 47 | 167 | 20 | 69 | 42 | 46 | 146 | 79 | 38 | 17 | 2 | 1 | 0 | 75 | 25 | 774 |
| 10 | 66 | 232 | 30 | 108 | 65 | 73 | 269 | 117 | 52 | 47 | 9 | 7 | 2 | 117 | 52 | 1246 |
| 11 | 52 | 171 | 18 | 71 | 45 | 51 | 141 | 60 | 25 | 24 | 5 | 3 | 0 | 58 | 15 | 739 |
| 12 | 28 | 83 | 12 | 31 | 22 | 19 | 63 | 47 | 33 | 107 | 0 | 2 | 0 | 44 | 10 | 404 |
| 13 | 60 | 124 | 13 | 42 | 23 | 17 | 73 | 117 | 55 | 40 | 5 | 1 | 1 | 99 | 27 | 697 |
| 14 | 54 | 142 | 13 | 44 | 32 | 26 | 72 | 102 | 59 | 26 | 5 | 1 | 0 | 105 | 23 | 704 |

* 区系代号见附录 Each code represents a certain flora which is indicated in the appendix

表4 我国14个植物区系中各分布区类型的 F_{ij} 指数
Table 4 F_{ij} index of areal types of 14 floras in China

| Flora code* | Areal types | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 01 | 1.96 | 1.69 | 1.21 | 1.51 | 1.18 | 1.04 | 0.90 | 1.20 | 1.61 | 0.63 | 0.20 | 0.05 | 0.00 | 1.19 | 0.51 |
| 02 | 1.83 | 2.47 | 1.72 | 2.08 | 1.54 | 1.04 | 0.95 | 0.67 | 1.24 | 0.53 | 0.12 | 0.04 | 0.00 | 0.62 | 0.13 |
| 03 | 1.35 | 2.20 | 1.77 | 2.11 | 2.03 | 1.44 | 1.22 | 0.47 | 0.71 | 0.28 | 0.05 | 0.11 | 0.05 | 0.35 | 0.18 |
| 04 | 3.08 | 1.85 | 0.65 | 1.17 | 0.45 | 1.30 | 0.32 | 2.36 | 1.63 | 1.31 | 0.80 | 0.08 | 0.06 | 1.21 | 0.27 |
| 05 | 2.11 | 1.58 | 1.07 | 1.16 | 0.89 | 0.70 | 0.52 | 1.78 | 1.87 | 1.16 | 0.59 | 0.13 | 0.06 | 1.35 | 0.72 |
| 06 | 2.37 | 1.03 | 0.55 | 0.58 | 0.66 | 0.52 | 0.36 | 2.68 | 2.25 | 1.64 | 0.93 | 0.06 | 0.08 | 1.74 | 0.62 |
| 07 | 2.33 | 1.42 | 0.72 | 0.72 | 0.68 | 0.76 | 0.40 | 2.16 | 1.55 | 1.35 | 0.95 | 0.10 | 0.04 | 1.48 | 0.56 |
| 08 | 2.36 | 1.46 | 0.94 | 0.87 | 0.84 | 0.76 | 0.56 | 1.99 | 1.88 | 1.22 | 0.79 | 0.12 | 0.04 | 1.42 | 0.61 |
| 09 | 1.85 | 1.93 | 1.19 | 1.65 | 1.19 | 1.15 | 1.00 | 1.10 | 1.27 | 0.43 | 0.15 | 0.02 | 0.00 | 1.03 | 0.39 |
| 10 | 1.61 | 1.65 | 1.10 | 1.59 | 1.13 | 1.12 | 1.13 | 1.00 | 1.07 | 0.73 | 0.40 | 0.11 | 0.04 | 0.99 | 0.51 |
| 11 | 2.14 | 2.09 | 1.13 | 1.80 | 1.35 | 1.35 | 1.02 | 0.88 | 0.89 | 0.64 | 0.38 | 0.08 | 0.00 | 0.84 | 0.25 |
| 12 | 2.11 | 1.85 | 1.38 | 1.44 | 1.20 | 0.92 | 0.83 | 1.26 | 2.13 | 0.49 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 1.17 | 0.31 |
| 13 | 2.62 | 1.63 | 0.88 | 1.15 | 0.74 | 0.48 | 0.57 | 1.86 | 2.10 | 1.15 | 0.41 | 0.03 | 0.04 | 1.55 | 0.49 |
| 14 | 2.34 | 1.83 | 0.86 | 1.18 | 1.01 | 0.73 | 0.55 | 1.59 | 2.21 | 0.73 | 0.41 | 0.03 | 0.00 | 1.61 | 0.41 |

* 同表3 Same as in Table 3

从表4看出,热带亚洲分布区类型在这14个区系中以第3个区系(即海南)更接近我国该分布区类型的现代分布中心,也就是海南种子植物区系在我国热带亚洲分布区类型中的作用更大、地位更高;相反,第4个区系即云南武定狮山种子植物区系更偏离我国这一分布区类型的现代分布中心,其作用更小、地位更低。同理,其它分布区类型亦可作这种比较分析。对表4利用相关系数公式建立相似矩阵,并用UPGMA法^[18]作出树状图(图1)可见,广西红水河、大瑶山、九万大山、天峨县、广东鼎湖山、海南及贵州荔波县等7个受南亚热带(或热带)气候影响的植物区系很自然地结合在一起,而湖北神农架、四川金佛山、都江堰、湖南紫云山、武陵山、福建武夷山和云南武定狮山等7个受中、北亚热带气候影响的植物区系结合在一起。在某种程度上说明本文提出的区系指数在进行多个地区植物区系的比较研究中可能具有一定的应用潜力。

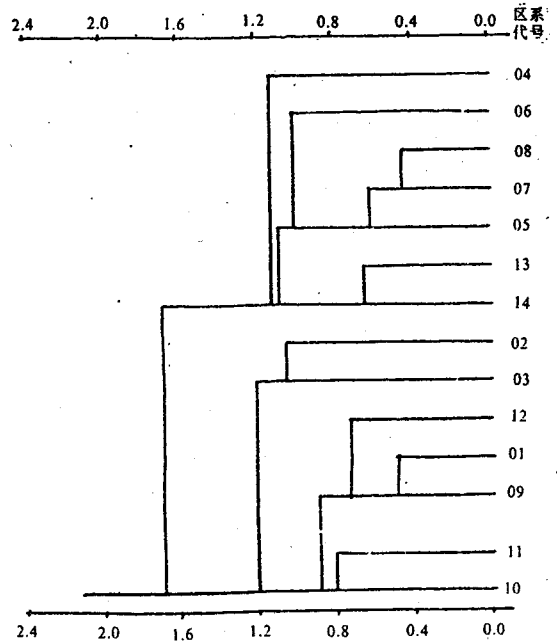


图1 用 F_{ij} 指数对我国14个区系聚类分析的树状图
Table 1 Phenogram based on clustering analysis of 14 floras in China by using F_{ij} index
区系代号见附录 Codes 01 to 14 representing each flora are shown in the appendix

3 结束语

本文设计的区系指数是在同一标准状态下,表达某个特定区系各分布区类型对该区系性质影响主次以及中国或更大范围内被比较研究的多个区系间各分布区类型的异同和寻求各分布区类型现代分布中心的一种定量辅助方法;自然而然,它不能直接揭示某个特定区系的自身性质与起源以及多个区系间的亲缘关系。正如前面所言,这必须依赖于该学科知识的积累及研究者理解的深度。换句话说,区系指数在理论与实际应用上存在一定的局限性,这有待于进一步研究与探索。

附录 中国 14 个区系代号及资料来源

Appendix The floras and the sources from literatures studied

- 01 广西九万大山来自“李振宇主编,广西九万大山植物资源考察报告,中国林业出版社,1993”。
- 02 广东鼎湖山来自“中国科学院华南植物研究所鼎湖山树木园编,鼎湖山植物手册,1978”。
- 03 海南来自“广东植物所,海南植物志(第1-4卷),科学出版社,1964-1977”。
- 04 云南武定狮山来自“参考文献[12]”。
- 05 湖南武陵山来自“王文采主编,湖南武陵山维管植物检索表,科学出版社,1995(印刷中)”。
- 06 湖北神农架来自“中国科学院武汉植物所,神农架植物,湖北人民出版社,1980”。
- 07 四川都江堰来自“李振宇、傅德志,中国都江堰市植物名录,华西野生植物保护实验中心和都江堰市林业局印,1991”。
- 08 四川金佛山来自“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”。
- 09 广西大瑶山来自“大瑶山自然资源综合考察队,广西大瑶山自然资源考察,学林出版社,1988”。
- 10 广西红水河来自“中国科学院植物所红水河野生植物资源调查队,红水河植物名录,1989”。
- 11 广西天峨来自“李振宇等,天峨县植物名录,1989”。
- 12 贵州荔波来自“《贵州科学》,3卷2期,1985”。
- 13 湖南紫云山来自“罗毅波,紫云山植物名录,1990”。
- 14 福建武夷山来自“林来官等,武夷山自然保护区维管束植物名录,武夷科学,增刊I:17-69,1981”。

参考文献

- 1 吴征镒,王荷生.中国自然地理.植物地理(上).科学出版社,1983,29-103
- 2 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
- 3 吴征镒.西藏植物区系的起源及其演化.载《西藏植物志》(第五卷)(吴征镒主编).科学出版社,1987,874-902
- 4 上官铁梁,张峰,刘玉山.山西朔县种子植物区系及其生态经济意义.武汉植物学研究,1991,9(4):355-362
- 5 李锡文.云南植物区系.云南植物研究,1985,7(4):361-382
- 6 李良千等.湘西北壶瓶山自然保护区植物区系.植物分类学报,1991,29(2):113-130
- 7 应俊生等.秦岭太白山地区的植物区系和植被.植物分类学报,1990,28(4):261-293
- 8 应俊生,David E Boufford,屠玉麟. Phytogeographical relationships of the genera of angiosperms in the Fanjing shan mountain range, northeastern Guizhou, China. Ann Missouri Bot Gard, 1991, 78(2):338-358
- 9 宋健中,李博.鄂西木林子种子植物区系与邻近区系的比较研究.武汉植物学研究,1991,9(4):326-336

- 10 欧晓昆. 元谋干热河谷植物区系研究. 云南植物研究, 1988, 10(1):11-18
- 11 贺文同, 任宪威. 河南鸡公山木本植物区系的研究. 武汉植物学研究, 1991, 9(4):337-346
- 12 郭勤峰. 滇中武定狮山植物区系地理的初步研究. 云南植物研究, 1988, 10(2):183-200
- 13 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
- 14 滕崇德, 上官铁梁, 张峰. 太原地区植物区系的初步分析. 武汉植物学研究, 1991, 9(4):347-354
- 15 傅德志, 李奕, 薛艳红. 中国种子植物区系定量化研究 I. 中国种子植物区系研究实用程序工作原理(QX-系列程序). 华南植物学报, 1992, 试刊 1:17-22
- 16 傅德志, 刘军. 中国种子植物区系定量化研究 II. 多地区种子植物区系研究实用程序工作原理(DDBJ-系列程序). 植物资源与环境, 1993, 2(4):7-14
- 17 符伍儒主编. 数理统计. 中国林业出版社, 1980, 131-134
- 18 左家哺. 植物区系地理成分的等级聚合分类研究. 贵州教育学院学报(自然科学版), 1991, (1):72-81