

Clustering Analysis and Biogeographical Regionalization of Distribution Patterns of Dicotyledonous Plants in the World

—Biogeographical Regionalization Research X

Xiaocheng Shen^{1,2*}, Yingdang Ren¹, Xiaojing Ma¹, Xiaohong Feng¹, Shujie Zhang², Guanghua Wang¹, Linlin Yang¹

¹Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou Henan

²College of Life Sciences, Zhengzhou University, Zhengzhou Henan

Email: *shenxiaoc@126.com

Received: Jun. 25th, 2018; accepted: Jul. 10th, 2018; published: Jul. 17th, 2018

Abstract

Dicotyledonous plants species account for three quarters of the total number of species of plants. Their distribution pattern plays a decisive role in plant geographic regionalization. Using a new proposed similarity general formula and the multivariate similarity clustering analysis method, the distribution data of the global 20,809 genera of dicotyledonous are analyzed. The clustering results are achieved that met the requirements of geography, statistics, ecology and biology. Compared with Cox's five kingdoms phytogeographical regionalization scheme, the main difference is that the Panarctic kingdom is divided into three kingdoms: West Palaeartic, East Palaeartic and Nearctic kingdoms; Central America region left Neotropical and gathered into Nearctic kingdom. This seven kingdoms system can be used as the quantitative basis for revision of the world phytogeographical regionalization scheme. The clustering results have high consistency with the global insects by the same clustering method. This shows that the relationship of food chain between plants and phytovorous insects can affect their distribution pattern. According to the results, we can infer that higher animals directly or indirectly fed on plants, microbes mainly decomposed plant residues, and they also should have the same distribution patterns with plants. If the inference is true, a new, unified world biota geographical regionalization system will may be build.

Keywords

Phytogeography, Clustering Analysis, Geographical Regionalization, Dicotyledonous Plants, Distributional Pattern

*通讯作者。

世界双子叶植物分布格局的聚类分析及地理区划

—生物地理区划研究之X

申效诚^{1,2*}, 任应党¹, 马晓静¹, 冯晓红¹, 张书杰², 王光华¹, 杨琳琳¹

¹河南省农业科学院植物保护研究所, 河南 郑州

²郑州大学生命科学学院, 河南 郑州

Email: shenxiaoc@126.com

收稿日期: 2018年6月25日; 录用日期: 2018年7月10日; 发布日期: 2018年7月17日

摘要

双子叶植物种类占植物总种类数的3/4, 它的分布格局在植物地理区划中具有举足轻重的作用。用新提出的相似性通用公式及多元相似性聚类分析法对全球20,809属双子叶植物的分布资料进行定量分析, 得到符合地理学、统计学、生态学、生物学原则的聚类结果。与Cox的5界植物地理区划方案比较, 主要区别是把泛北极界分成西古北、东古北、新北3个界; 中美地区由新热带界划归新北界。这个七界系统可以作为修订世界植物地理区划方案的定量依据。聚类结果与同样方法得到的世界昆虫的聚类结果具有高度的一致性, 说明植物与植食性昆虫间的食物链关系对分布格局的影响。据此可以推论, 高等动物直接或间接地取食植物, 微生物主要分解植物残体, 它们是否也应该具有与植物同样的分布格局。如果如此, 将会建立起一个新的、统一的世界生物分布地理区划体系。

关键词

植物地理学, 聚类分析, 地理区划, 双子叶植物, 分布格局

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

植物通过光合作用将太阳能、二氧化碳和水合成有机物质, 构成世界所有生物的物质基础。所以植物的分布决定以植物为食的生物分布, 甚至也可能会影响取食植食性生物的肉食性生物分布。因此研究植物的分布格局将会对其他生物分布格局的理解具有重要意义。

双子叶植物是植物王国中进化程度最高、多样性和生物量最大的一类生物。种类占植物总种类的 3/4, 它的分布特征对整个植物界具有重要代表性。

法国博物学家布丰(G. Buffon)于 18 世纪中期拉开生物地理学的序幕[1], 进入 19 世纪, 德国人洪堡(A. von Humboldt)奠基了植物地理学科, 他由于 1799~1804 在南美洲的考察而成名。他观察到山上的植物依照高度不同而分成不同的植物带。他相信世界分成许多个自然地区, 各有它自己的独特的动植物集

群。他于 1805 年开始出版 30 卷的系列专著, 详细介绍他在南美洲的植物学观察[2]。

瑞士植物学家德康多勒(A. de Candolle)迅速发展了洪堡的工作, 他认为植物由于风、水、或动物的携带而扩散, 直到海洋、高山、沙漠的阻隔而停止, 也可能由于与其竞争的其它植物的存在而停止扩散。不同的自然区域有自己的特有植物类群。他拟就了一个新词“endemic”(特有的), 并界定了 20 个这样的地区, 包括 18 个大陆地区, 2 个岛屿组群[3]。

半个多世纪后, 也是德国的植物学家恩格勒(A. Engler), 用地图详细界定了 4 个植物“界”的边界, “泛北极界”包括整个北温带、北寒带; “古热带界”从非洲一直延伸到太平洋岛屿; “南美洲界”包括中美地区及南美洲; “古大洋洲界”包括澳大利亚大部、新西兰南部、非洲南端及南美洲南端[4]。20 世纪又经多次的修改[5][6][7][8][9], 将古大洋洲界分作澳洲界、好望角界、南极界。2001 年英国学者 Cox 提出新的意见, 撤掉好望角界及南极界, 有关地区归入自己所属大陆; 将古热带界分成非洲界及印度-太平洋界[10]。至此, 全球植物区系分作 5 个界: 泛北极界、非洲界、印度-太平洋界、澳洲界、新热带界。2011 中国学者吴征镒院士提出新设古地中海植物界及东亚植物界[11]。

由定性方法得出的这些区划方案固然有其合理的科学内核, 但也无须讳言, 在分布区划分的标准及分界线的确定上难免会有失衡之处。生物地理学与其它自然学科一样, 都需要由数学武装, 才能真正成熟[12]。100 多年来研究生物地理区划的相似性公式虽然多达 40 余个[13], 但似乎没有得到广大生物学者的接受和赞誉[11][14], 至今还无人对全球植物分布进行定量分析的尝试, 以致使地理区划成为阻碍生物地理学发展的幽灵[15]。我们从改进分析方法入手, 突破二元比较的禁锢, 提出一个新的相似性通用公式(similarity general formula, SGF) [16]和一个新的多元相似性聚类分析法(multivariate similarity clustering analysis method, MSCA) [17]。并在不同地域范围、不同生物类群得到验证[18]-[25]。本研究将对世界双子叶植物进行分析, 试图为支持或修订世界植物地理区划方案提供定量依据。

2. 材料和方法

2.1. 生物类群

本研究不包括化石种类, 共涉及 49 目 366 科 20,809 属, 涵盖 416,483 种(表 1)。分布资料主要来源于分类学家的专著[26]-[43]、专业性网站汇总的数据库[44]-[49], 也会补充一些不断发表的新资料。为了提高资料的利用率及保持聚类图的清晰度, 我们以“属”作为基础生物单元(basic biological unit, BBU)。

2.2. 基础地理单元划分

我们不主张按照经纬度将世界陆地划分为成千上万个栅格。因为生物分布资料是生物学家长期积累的结果, 不是按栅格调查的, 也不可能按栅格去调查。栅格与栅格之间在调查的人力、物力、时间不可能完全一致, 这样会不可避免地造成人为的差异, 从而影响我们要探究的自然的差异。

按照地形、气候等生态条件和生物分布资料的详略程度, 本研究把全球陆地(除南极洲)划分为 67 个基础地理单元(basic geographical unit, BGU) (图 1)。作为聚类分析与地理区划的基础。其中以平原为主的 BGU 有 21 个, 以丘陵为主的 BGU 有 11 个, 以山地为主的 BGU 有 12 个, 以高原为主的 BGU 有 11 个, 以荒漠为主的 BGU 有 5 个, 岛屿型的 BGU 有 7 个。有 27 个 BGU 处在热带, 有 34 个 BGU 地处温带, 有 6 个 BGU 的地域跨入寒带。

2.3. 构建数据库

用微软 Access 构建数据库。将各个 BGU 作为各列, 将各个 BBU 作为各行。将一个属分布的行政区域记录转化为 BGU 记录录入数据库中, 有分布记“1”, 无分布不记, 这些基础分布记录(Basic Distributional

Table 1. The class Magnoliopsida for analysis**表 1.** 供分析的世界双子叶植物

目 Orders	科数 Number of Families	属数 Number of genera	种数 Number of species
1 伞形目 Apiales	5	911	12,297
2 冬青目 Aquifoliales	4	31	1215
3 菊目 Asterales	9	1301	25,648
4 Austrobaileyales	2	5	176
5 紫草目 Baraginales	1	361	9510
6 芸苔目 Brassicales	17	734	10,796
7 Bruniales	2	22	257
8 黄杨目 Buxales	3	12	239
9 白桂皮目 Canellales	2	22	277
10 石竹目 Caryophyllales	35	1666	43,464
11 卫矛目 Celastrales	6	184	3720
12 金鱼藻目 Ceratophyllales	1	2	37
13 金粟兰目 Chloranthales	1	13	203
14 山茶茱目 Cornales	9	114	2052
15 假黄杨目 Crossosomatales	4	14	144
16 葫芦目 Cucurbitales	6	304	6091
17 五桠果目 Dilleniales	1	50	1017
18 川续断目 Dipsacales	7	130	4350
19 杜鹃花目 Ericales	25	969	30,506
20 鼠刺目 Escalloniales	1	30	406
21 豆目 Fabales	4	1594	44,861
22 壳斗目 Fagales	9	81	2790
23 嘎瑞木目 Garryales	2	3	35
24 龙胆目 Gentianales	6	2026	38,376
25 牻牛儿苗目 Geraniales	3	62	3376
26 古奴草目 Gunnerales	2	4	98
27 Huerteales	3	4	6
28 茶茱茱目 Icaciniales	1	89	737
29 唇形花目 Lamiales	24	2606	61,724
30 樟目 Laurales	6	259	8640
31 玉蕊目 Lecythydales	2	9	61
32 木兰目 Magnoliales	10	202	4527
33 金尾虎目 Malpighiales	36	1403	32,332
34 锦葵目 Malrales	11	785	16,545
35 桃金娘目 Myrtales	12	875	23,177
36 睡莲目 Nymphaeales	3	22	461
37 酢浆草目 Oxalidales	7	143	5102
38 苦木目 Picramniales	1	2	92
39 胡椒目 Piperales	4	103	8216
40 山龙眼目 Proteales	3	138	4423

Continued

41 毛茛目 Ranunculales	10	454	13,889
42 蔷薇目 Rosales	10	685	31,711
43 清风藤目 Sabiales	1	9	269
44 檀香目 Santalales	16	412	6780
45 无患子目 Sapindales	14	1087	19,151
46 虎耳草目 Saxifragales	14	309	9119
47 茄目 Solanales	8	474	11,176
48 葡萄目 Vitales	1	54	2784
49 蕨藜目 Zygophyllales	2	40	757
合计 49	366	20,809	503,622



01 北欧 Northern Europe, 02 西欧 Western Europe, 03 中欧 Central Europe, 04 南欧 Southern Europe, 05 东欧 Eastern Europe, 06 俄罗斯欧洲部分 European Russia, 11 中东 Middle East, 12 沙特阿拉伯 Saudi Arabia, 13 也门与阿曼 Yemen and Oman, 14 伊朗高原 Plateau of Iran, 15 中亚 Central Asia, 16 西西伯利亚 Western Siberia, 17 东西伯利亚 Eastern Siberia, 18 乌苏里地区 Ussuri region, 19 蒙古 Mongolia, 20 帕米尔高原 Plateau of Pamir, 21 中国东北 Northeastern China, 22 中国西北 Northwestern China, 23 中国青藏高原 Qinghai-Xizang plateau of China, 24 中国西南 Southwestern China, 25 中国华南 Southern China, 26 中国中东部 Centre-eastern China, 27 中国台湾 Taiwan region of China, 28 朝鲜半岛 Korea Peninsula, 29 日本 Japan, 31 喜马拉雅地区 Himalayan region, 32 印度与斯里兰卡 Indian and Sri Lanka, 33 缅甸 Myanmar, 34 中南半岛 Indochina Peninsula, 35 菲律宾 Philippines, 36 印度尼西亚 Indonesia, 37 新几内亚 New Guinea, 38 太平洋岛屿 Islands of Pacific Ocean, 41 北非 Northern Africa, 42 西非 Western Africa, 43 中非 Central Africa, 44 刚果河流域 Congo river basin, 45 埃塞俄比亚地区 Ethiopia region, 46 坦桑尼亚地区 Tanzania region, 47 安哥拉地区 Angola region, 48 南非 South Africa, 49 马达加斯加 Madagascar, 51 西澳大利亚 Western Australia, 52 北澳大利亚 Northern Territory, 53 南澳大利亚 South Australia, 54 昆士兰 Queensland, 55 新南威尔士 New South Wales, 56 维多利亚 Victoria, 57 塔斯马尼亚 Tasmania, 58 新西兰 New Zealand, 61 东加拿大 Eastern Canada, 62 西加拿大 Western Canada, 63 美国东部山地 Mts. Eastern US, 64 美国中部平原 Plain Central US, 65 美国中部丘陵 Hills Central US, 66 美国西部山地 Mts. Western US, 67 墨西哥 Mexico, 68 中美地区 Central America region, 69 加勒比海岛屿 Caribbean Islands, 71 委内瑞拉 Venezuela, 72 圭亚那高原 Plateau Guyana, 73 安第斯山北段 Northern Mt. Andes, 74 亚马孙平原 Amazon Plain, 75 巴西高原 Plateau Brazil, 76 玻利维亚 Bolivia, 77 阿根廷 Argentina, 78 安第斯山南段 Southern Mt. Andes

Figure 1. BGUs of the world

图 1. 世界陆地的基础地理单元

Records, BDR)将是定量分析的基础材料。各BGU的双子叶植物主要类群属数如表2。

2.4. 聚类分析方法

我们提出的相似性通用公式突破了二元比较的束缚。它的定义是：多个地区间的相似性系数是参加分析的各个地区的共有种类的平均数占总种类的比例[16]：

$$SI_n = \sum H_i / nS_n = \sum (S_i - T_i) / nS_n$$

式中, SI_n 是 n 个地理单元的相似性系数, S_i , H_i 和 T_i 分别是 i 地理单元的种类数、共有种类(common species)数、独有种类(unique species)数, 且满足 $H_i = S_i - T_i$, S_n 是 n 个地理单元的总种类数。计算时所需各个数值都可以很方便地从数据库的查询页面上获得。无论手工计算或计算机软件分析都非常方便快捷。

与SGF配套使用的多元相似性聚类分析法(MSCA)是任何组群的相似性系数都由参与分析的BGU原始数据直接计算, 不受先行计算的相似性系数的影响, 也不受聚类顺序的限制。甚至可以先行计算67个BGU的总相似性系数。最后按相似性系数大小排列聚类图[17]。总相似性系数(General similarity coefficient, GSC)是传统分析方法所没有的概念和无法计算的指标。

3. 结果

世界20809属双子叶植物的聚类结果(图2)显示, 67个BGU的总相似性系数为0.101, 在0.410的相似性水平上, 67个BGU聚成a-t共20个小单元群(Small unit crowd, SUC), 在0.250的相似性水平上又聚成A-G共7个大单元群(Large unit crowd, LUC)。各群的组成单元都相邻相连, 符合地理学原则; 各群内的相似性程度大于群间的水平, 符合统计学原则; 各群的生态环境相对独立, 符合生态学原则。各个大群、小群都有一定比例的特有属(表3), 符合生物学原则。

对双子叶植物各主要类群的分析结果, 都分别聚成7~8个大单元群和18~22个小单元群。各个聚类结果之间没有显著差异(表4), 各群的组成基本一致。因此可以相信, 图2的分析结果不带有偶然性, 而是综合体现了各个类群的分布特征。

聚类结果与Cox建议的现行世界植物区划相比[10], C、D、E三大群与印度-太平洋界、非洲界、澳洲界相同, 主要不同有二: 一是A、B、F三大群相当于把泛北极界分作三部分; 二是G大群相当于新热带界划出中美地区给F大群。

聚类结果与华莱士的哺乳动物的区划相比[50], D大群与非洲界相同外, 主要不同有三: A、B两大群相当于把古北界分为东、西两部分; C、E两大群相当于把澳洲界的新几内亚岛、太平洋岛屿划归东洋界; F、G两大群相当于把新热带界的中美地区划归新北界。

聚类结果与世界昆虫区划[24][25]相比, 表现出高度的一致性, 大、小群的数量完全相同, 各大、小群的组成基本一致, 群间的结构基本一致。所不同的是, 总相似性系数及划分大、小单元群的相似性水平略高于昆虫, 这是由于人们对植物比较关注, 调查比较深入所致; 个别单元的聚类位置有所移动, 大群间只有25、31号地理单元互换位置。大群内也有个别地理单元在相邻小群之间移动, 这些都不违背地理学原则。

因此, 可以将聚类结果作为修订世界植物地理区划的定量依据, 7个界依次命名为西古北界、东古北界、印度-太平洋界、非洲界、澳大利亚界、新北界和新热带界。

4. 讨论

本研究用MSCA方法首次较好地解析了世界各地双子叶植物的分布格局, 比目前常用分析方法得到合理准确的聚类结果, 又很接近现行的定性分析的世界植物地理区划方案。可以作为支持并局部修正

Table 2. The number of genus in every BGU of main groups of global Magnoliopsida plant
表 2. 世界双子叶植物主要类群在各 BGU 的属数

基础地理单元 BGU	菊目 Asterales	石竹目 Caryophyllales	杜鹃花目 Ericales	豆目 Fabales	龙胆目 Gentianales	唇形花目 Lamiales	其它目 Other orders	合计 Total
01	149	167	62	89	81	170	689	1407
02	164	120	59	105	54	153	739	1394
03	138	138	86	97	46	156	742	1403
04	186	176	70	135	60	201	854	1682
05	57	46	21	34	14	60	259	491
06	45	42	25	26	10	55	217	420
11	118	125	29	87	48	119	597	1123
12	70	91	17	39	29	50	269	565
13	71	95	13	65	62	103	343	752
14	116	144	30	80	53	114	573	1110
15	44	53	12	27	12	37	217	402
16	17	33	20	19	10	25	151	275
17	23	36	26	17	14	32	160	308
18	42	36	33	36	12	63	287	509
19	20	31	14	20	11	23	129	248
20	41	54	6	27	12	31	208	379
21	27	27	13	29	9	35	165	305
22	25	48	6	24	10	26	171	310
23	28	39	18	30	12	58	247	432
24	72	71	52	61	54	93	474	877
25	109	75	82	146	184	269	958	1823
26	112	90	78	100	102	194	812	1488
27	91	73	68	115	118	192	670	1327
28	36	32	27	35	12	58	251	451
29	82	57	51	53	27	63	367	700
31	74	67	38	83	88	168	532	1050
32	61	50	49	127	150	165	655	1257
33	38	38	44	99	130	185	608	1142
34	61	53	64	129	194	214	762	1477
35	38	22	48	80	142	119	643	1092
36	54	49	75	148	224	188	987	1725
37	70	55	66	130	161	147	850	1479
38	76	73	61	123	156	158	795	1442
41	111	113	27	92	43	95	519	1000
42	156	111	61	225	232	210	937	1932

Continued

43	58	50	42	180	215	161	730	1436
44	62	54	39	191	235	153	728	1462
45	73	105	27	112	127	178	539	1161
46	88	93	47	186	230	200	744	1588
47	97	157	38	189	235	197	690	1603
48	125	253	43	177	173	230	769	1770
49	64	72	44	152	196	186	766	1480
51	106	114	37	142	65	130	563	1157
52	70	83	38	131	92	119	515	1048
53	97	118	37	97	48	83	426	906
54	103	120	52	174	130	166	878	1623
55	145	134	67	163	96	169	748	1522
56	120	109	47	66	18	58	402	820
57	81	66	31	57	15	44	283	577
58	106	76	43	59	24	109	447	864
61	70	52	44	37	17	70	280	570
62	139	120	100	65	35	139	670	1268
63	139	111	91	138	119	214	863	1675
64	127	114	68	89	62	171	637	1268
65	162	99	60	87	46	128	603	1185
66	253	193	92	152	94	232	1068	2084
67	297	273	117	213	242	358	1351	2851
68	118	117	102	180	238	278	1027	2060
69	79	90	55	123	141	169	629	1286
71	68	80	81	164	205	185	866	1649
72	40	54	64	160	177	154	717	1366
73	181	169	139	257	286	343	1422	2797
74	65	81	68	202	245	211	975	1847
75	119	111	55	201	189	230	890	1795
76	108	125	69	165	169	220	813	1669
77	128	141	27	139	120	171	652	1378
78	91	106	31	50	33	103	467	881
BDR	6201	6170	3346	7230	6893	9588	40,995	80,423
BBU	1301	1666	969	1594	2026	2606	10,647	20,809
ADT	4.77	3.70	3.45	4.54	3.40	3.68	3.85	3.86

BDR: Basic Distributional Records, 基础分布记录; BBU: Basic Biological Unit, 基础生物单元; ADT: Averagy Distributional Territory (BDR/BBU), 平均分布域(基础分布记录/基础生物单元)。

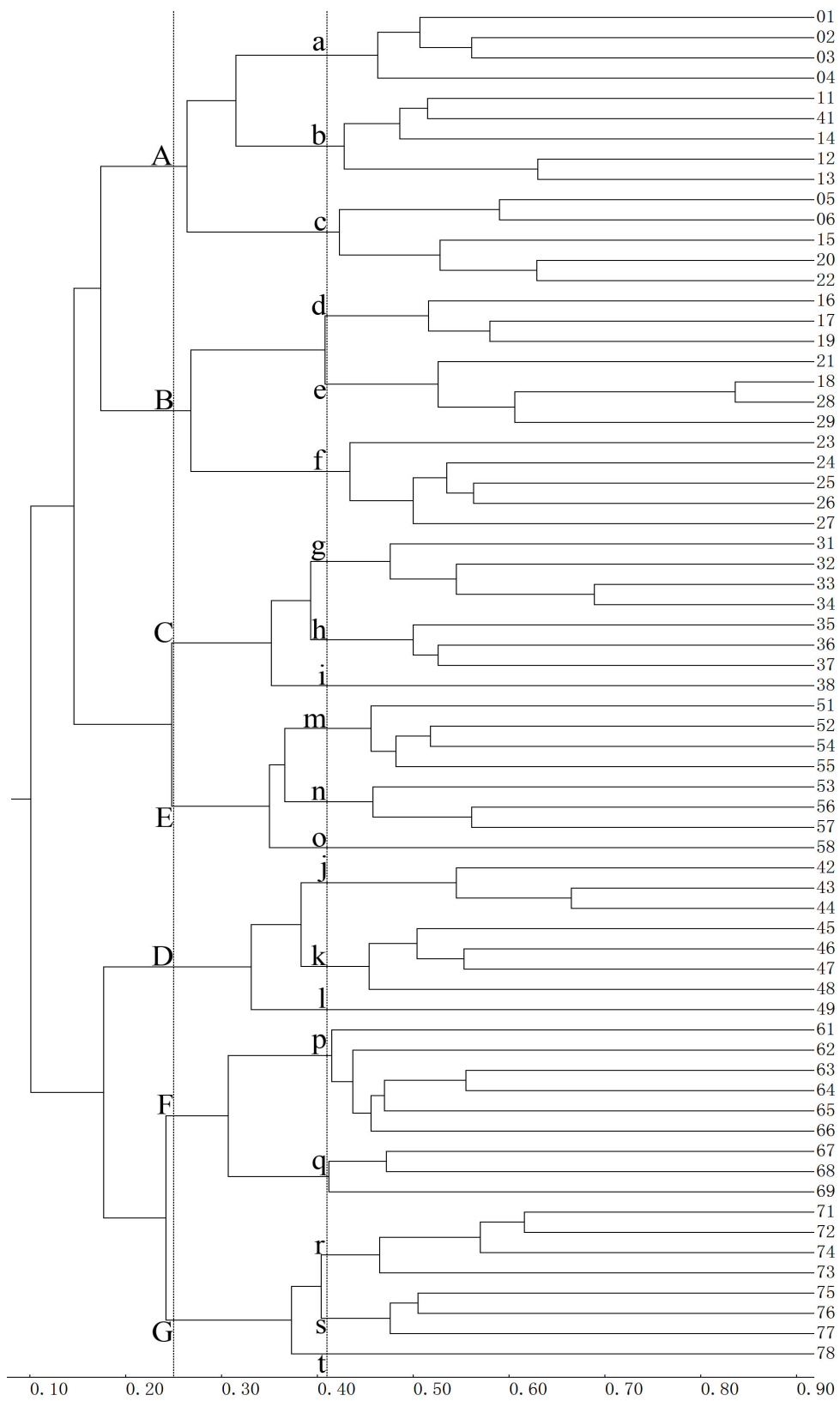


Figure 2. Dendrography of Magnoliopsida by MSCA
图 2. 双子叶植物的 MSCA 法聚类图

Table 3. Magnoliopsida flora of every large and small unit groups
表 3. 各单元群的双子叶植物区系

大单元群 LUC	小单元群 SUC	地理单元 BGU	属数 Genera	特有属 Endemic Genera	比例% Ratio
A 西古北界		14	3270	720	22.02
	a	4	2571	237	9.22
	b	5	1891	270	14.28
	c	5	803	23	2.86
B 东古北界		12	2479	274	11.05
	d	3	411	15	3.65
	e	4	797	8	1.00
	f	5	2383	220	9.23
C 印度 - 太平洋界		8	3357	690	20.55
	g	4	2175	100	4.60
	h	3	2272	310	13.64
	i	1	1442	111	7.70
D 非洲界		8	4072	1645	40.40
	j	3	2374	308	13.02
	k	4	2799	572	20.44
	l	1	1480	327	22.09
E 澳大利亚界		8	2751	512	18.61
	m	4	2440	279	11.43
	n	3	1246	25	2.01
	o	1	864	32	3.70
F 新北界		9	4602	1007	21.88
	p	6	2990	272	9.10
	q	3	3532	494	13.99
G 新热带界		8	4054	1395	34.41
	r	4	3342	619	18.52
	s	3	2599	244	9.39
	t	1	881	90	10.22

Note: LUC: Large unit crowds; SUC: Small unit crowds; BGU: Basic Geographical units.

Table 4. Analysis results of every main group of Magnoliopsida
表 4. 双子叶植物各主要类群的分析结果

目名	属数	总相似性系数	LUC 水平线	LUC 数量	SUC 水平线	SUC 数量
菊目 Asterales	1301	0.116	0.270	7	0.420	20
石竹目 Caryophyllales	1666	0.099	0.230	7	0.400	19
杜鹃花目 Ericales	969	0.093	0.240	7	0.360	18
豆目 Fabales	1594	0.121	0.290	7	0.460	20
龙胆目 Gentianales	2026	0.080	0.230	8	0.380	20
唇形花目 Lamiales	2606	0.098	0.300	8	0.400	22
其它目 other orders	10,647	0.100	0.310	7	0.410	19
合计 49 目	20,809	0.101	0.250	7	0.410	20

世界植物地理区划的定量依据。可以进一步补充单子叶植物、裸子植物以及苔藓植物等，以完善并确定建立定量的世界植物地理区划方案。

本分析结果与世界昆虫的分析结果极其相似，体现了植物与以植食性为主的昆虫之间的食物链关系。据此，是否可以推断，世界动物直接或间接地取食于植物，也可能存在相似的分布格局。微生物大都是分解植物残体的，是否也应该与植物有相似的分析结果。因此建议在对动物与微生物进行定量分析后，重新制定各大类生物的地理区划方案或总的世界生物地理区划系统。

致 谢

我们感谢世界各地学者，如英国伦敦国王学院 C. Barry Cox 教授，德国格丁根大学 Holger Kreft 教授，美国克莱姆森大学 John C. Morse 教授，美国犹他大学 Daniel R. Gustafsson 教授，斯洛伐克科学院地理研究所 Peter Vrsansky 教授，法国医学院 Jean-Claude Beaucournu 教授，英国牛津大学 Robert J. Whittaker 教授，捷克兽医及制药大学 Tomas Najer 教授，法国巴黎大学 Maram Caesar 教授，巴西圣保罗大学 Michel P. Valim 教授，美国加利福尼亚州州立大学 Miklos D. F. Udvardy 教授，德国格赖夫斯瓦尔德大学 Nikki H.A. Dagamac 教授，爱沙尼亚塔尔图大学 Leho Tedersoo 教授，美国新墨西哥大学 Jennifer A. Rudgers 教授，德国约翰古登堡大学 Janine Fröhlich-Nowoisky 教授，美国加利福尼亚州立大学欧文分校 Kathleen K. Treseder 教授，瑞士洛桑大学 Antoine Guisan 教授，澳大利亚维多利亚博物馆 Kevin C. Rowe 教授，老挝国立大学 Daosavanh Sanamxay 教授，泰国宋卡王子大学 Pipat Soisook 教授，巴西戈亚斯联邦大学 M. V. Cianciaruso 教授，匈牙利自然历史博物馆 Gabor Csorba 教授，巴西帕拉伊巴联邦大学 Anderson Feijo 教授，墨西哥国立大学 Tania Escalante 博士，巴西国立癌症研究所 Cibele R. Bonvicino 教授，智利康塞普西翁大学 Daniel González-Acuñad 教授等，或赠送文献，或修饰文稿，或深入讨论，或提出建议。

基金项目

河南省重点实验室专项基金(112300413221)。

参考文献

- [1] Buffon, G. (1761) *Histoire Natyrelle*. Academic Francaise, Paris.
- [2] Humboldt, A.V. and Bonplad, A. (1805) *Essai sur la Geographie des Plantes*. Levrault, Schoell, Paris.
- [3] de Candolle, A. (1820) *Essai elementaire de geographie botanique*. Dictionnaire des Sciences Naturelles, Vol. 18. Levrault, Strasbourg.
- [4] Engler, A. (1879) *Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt*. Engelmann, Leipzig.
- [5] Diels, L. (1895) *Beitrage zur Kenntnis der Vegetation und Flora von Equador*. Bibl. Bot. Stuttgart, H. 116.
- [6] Diels, L. (1908) *Pflanzengeographie*. Leipzig.
- [7] Drude, O. (1902) *Der Hercynische Florenbezirk: Grundzuge der Pflenzenverbreitung*. In: Engler, A. and Drude, O., Eds., *Die Vegetation der Erde*. 6. Engelmann, Leipzig.
- [8] Good, R. (1947) *The Geography of the Flowering Plants*. Longman, London.
- [9] Takhtajan, A. (1978) *Floristic regions of the World*. University of California Press, Oakland.
- [10] Cox, C.B. (2001) *The Biogeographic Regions Reconsidered*. *Journal of Biogeography*, **28**, 511-523. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00566.x>
- [11] 吴征镒, 孙航, 周浙昆, 李德铢, 彭华. 中国种子植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [12] Committee on Mathematical Sciences Research for DOE's Computational Biology *et al.* (2005) *Mathematics and 21st Century Biology*. National Academy Press, USA.
- [13] 张懿铨. 植物区系地理研究中的重要参数——相似性系数[J]. 地理研究, 1996, 17(4): 429-434.
- [14] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.

- [15] Morrone, J.J. (2018) The Spectre of Biogeographical Regionalization. *Journal of Biogeography*, **45**, 282-288. <https://doi.org/10.1111/jbi.13135>
- [16] 申效诚, 王爱萍. 昆虫区系多元相似性的简便计算方法及其贡献率[J]. 河南农业科学, 2008(7): 67-69.
- [17] 申效诚, 孙浩, 赵华东. 昆虫区系多元相似性分析方法[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 849-854.
- [18] 申效诚, 孙浩, 马晓静. 中国 40000 种昆虫蜘蛛区系的多元相似性聚类分析[J]. 生命科学杂志, 2010, 4(2): 35-40.
- [19] 申效诚, 任应党, 王爱萍, 等. 河南昆虫、蜘蛛、蛴螬地理分布的多元相似性聚类分析[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4416-4426.
- [20] 申效诚, 刘新涛, 任应党, 申琪, 刘晓光, 张书杰. 中国昆虫区系的多元相似性分析及地理区划[J]. 昆虫学报, 2013, 56(8): 896-906.
- [21] 申效诚, 张抱石, 张峰, 刘新涛. 世界蜘蛛的分布格局及其多元相似性聚类分析[J]. 生态学报, 2013, 33(21): 6795-6802. <http://doi.org/10.5846/stxb201207080951>
- [22] 申效诚, 等. 中国昆虫地理[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2015.
- [23] 申效诚, 任应党, 申琪, 游志兴, 刘新涛, 张书杰, 王光华, 杨琳琳, 冯超红, 马晓静. 世界生物分布的宏观特征——生物地理区划研究之 III[J]. 世界生态学, 2018, 7(2): 98-128. <http://doi.org/10.12677/ije.2018.72014>
- [24] 申效诚, 任应党, 杨琳琳, 申琪, 刘新涛, 游志兴, 马晓静, 张书杰, 王光华. 世界昆虫分布格局的聚类分析及地理区划——生物地理区划研究之 IV[J]. 昆虫学报, 2018.
- [25] 申效诚, 等. 世界昆虫地理[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2018.
- [26] 中国植物志编委会. 中国植物志 1-80 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1959-2004.
- [27] Magill, B., Solomon, J. and Stimmel, H. (2007) Tropicos Specimen Data. Missouri Botanical Garden.
- [28] Reddy, C.S. (2008) Catalogue of Invasive Alien Flora of India. *Life Science Journal*, **5**, 84-89.
- [29] 邵广昭, 彭镜毅, 吴文哲. 台湾 2010 物种名录[M]. 台北: 农业委员会林务局, 2010: 341-643.
- [30] Guala, G. and Döring, M. (2011) Integrated Taxonomic Information System (ITIS). National Museum of Natural History, Smithsonian Institution.
- [31] Sequeira, M. (2014) Checklist da Flora de Portugal (Continental, Açores e Madeira). GBIF Portugal.
- [32] Creuwels, J. and Schollaardt, C. (2015) Naturalis Biodiversity Center (NL)—Botany. Naturalis Biodiversity Center.
- [33] Ruggiero, M.A., Gordon, D.P., Orrell, T.M., et al. (2015) A Higher Level Classification of All Living Organisms. *PLoS ONE*, **10**, e0119248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
- [34] Borges, P., Vieira, P. and Vieira, V. (2016) A List of the Terrestrial and Marine Biota from the Azores. Universidade dos Açores.
- [35] Sotelo, H., Castañeda-Alvarez, N.P. and Endresen, D. (2016) A Global Database for the Distributions of Crop Wild Relatives. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- [36] Crisp, M.D., et al. (2017) A Monograph of *Daviesia* (Mirbelieae, Faboideae, Fabaceae). *Phytotaxa*, **300**, 1-308. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.300.1.1>
- [37] Espejo-serna, A., et al. (2017) Bromeliad Flora of Chiapas State, Mexico: Richness and Distribution. *Phytotaxa*, **310**, 1-74. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.310.1.1>
- [38] Schmidt, M., et al. (2017) Diversity, Distribution and Preliminary Conservation Status of the Flora of Burkina Faso. *Phytotaxa*, **304**, 1-215. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.304.1.1>
- [39] Martínez-Azorín, M., Crespo, M.B., Pinter, M. and Wetschnig, W. (2017) *Aulostemon* (Asparagaceae, Scilloideae), a New Genus from South Africa. *Phytotaxa*, **321**, 287-293. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.321.3.6>
- [40] Martins, A.B. and Almeda, F. (2017) A Monograph of the Brazilian Endemic Genus *Lavoisiera* (Melastomataceae: Microlicieae). *Phytotaxa*, **315**, 1-194. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.315.1.1>
- [41] Ninkaew, S., Balslev, H., Pornpongrueng, P. and Chantaranonthai, P. (2017) *Crotalaria* L. (Fabaceae: Faboideae) in Continental Southeast Asia. *Phytotaxa*, **320**, 1-74. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.320.1.1>
- [42] Noblick, L.R. (2017) A Revision of the Genus *Syagrus* (Arecaceae). *Phytotaxa*, **294**, 1-263. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.294.1.1>
- [43] 应俊生, 陈梦玲. 中国植物地理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2011.
- [44] The Plant List (2010) The Plant List, Version 1. <http://www.theplantlist.org>
- [45] Wikipedia (2016) Category: Flora of Russia. <http://en.wikipedia.org/wiki>
- [46] GBIF (2017) Plantae. <http://gbif.org/species/6>

-
- [47] Peixoto, M. and Pereira, S.A. (2017) Brazilian Plants. <http://www.brazilplants.com>
- [48] Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (2017) E-Flora. <http://www.eflora.cn>
- [49] USDA (2017) Plant Database. <https://plant.USDA.gov>
- [50] Wallace, A.R. (1876) The Geographical Distribution of Animals. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: br@hanspub.org