

世界医学昆虫的分布格局及与其它生物的关系

申 琪^{1*}, 马晓静², 游志兴³, 申效诚^{4#}

¹河南中医药大学第一临床医学院, 河南 郑州

²中国烟草总公司郑州烟草研究院, 河南 郑州

³中国科学院数学与系统科学院, 北京

⁴河南省农业科学院植物保护研究所, 河南 郑州

收稿日期: 2021年10月10日; 录用日期: 2021年11月12日; 发布日期: 2021年11月19日

摘要

汇总世界医学昆虫76科4544属的分布信息, 按照地形、气候等生态条件将世界陆地分作67个基础地理单元, 用申效诚等提出的相似性通用公式和多元相似性聚类分析法进行定量分析, 得到7个大单元群和20个小单元群的聚类结果, 明显优于传统的单链法、类平均法和离差平方和法。聚类结果与以植食性为主的世界昆虫相同, 而与华莱士的哺乳动物地理区划有较大差异。为解释这个看似矛盾的结果, 用同样方法对世界动物、植物、微生物进行定量分析, 证实了医学昆虫与各大类生物间具有相同的分布格局, 这不仅说明新生代的生态环境对各类生物分布影响的同质性, 而且提出了建立统一的世界生物地理区划系统的可能性。

关键词

医学昆虫, 分布格局, 相似性, 聚类分析, 同质性

The Distributional Patterns of Medical Insects in the World and Its Relation with Other Biota

Qi Shen^{1*}, Xiaojing Ma², Zhixing You³, Xiaocheng Shen^{4#}

¹First Clinical College, Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou Henan

²Zhengzhou Tobacco Research Institute, China National Tobacco Corporation, Zhengzhou Henan

³Academy of Mathematics and Systems Science, Beijing

⁴Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou Henan

Received: Oct. 10th, 2021; accepted: Nov. 12th, 2021; published: Nov. 19th, 2021

*第一作者。

#通讯作者。

Abstract

Summarize the medical insects' distribution information of 76 families, 4544 genera. Divide land in the world into 67 basic geographic units according to the topography, climate and other ecological conditions. With Shen's similarity general formula and diversity such as Xiao-cheng Shen multivariate similarity clustering analysis method for quantitative analysis, get seven big unit groups and 20 small unit groups of clustering results, is superior to the traditional single linkage method, average group linkage method and sum of squares method. The clustering result is the same as the main plant feeding the world of insects, and has a bigger difference with Wallace's mammals' geographic area. To explain this seemingly contradictory result, in the same way for quantitative analysis to the world's animals, plants, microorganisms, confirmed the medical insects and these different kinds of creatures with the same distribution pattern, which not only account for the Cenozoic Era of ecological environment on the influence of all kinds of biological distribution homogeneity, and put forward the possibilities of establishing unified world biological geographical regionalization system.

Keywords

Medical Insects, Distribution Patterns, Similarity, Clustering Analysis, Homogeneity

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

在对人畜禽的健康构成威胁的环境因素中，昆虫占据着重要地位。它们或吸血，或寄生，或刺蛰，或传病，或污染环境与食物。探讨它们的分布规律、形成机制及地理区划是保障人畜禽健康的重要基础研究内容之一。早在 19 世纪，英国的华莱士及德国的恩格勒就以定性方法制定了哺乳动物及高等植物的世界地理区划方案[1] [2]，我国学界前辈倾注毕生精力提出了中国种子植物和高等动物的地理区划系统[3] [4]，申效诚等用定量分析方法[5] [6]拟定了中国昆虫及世界昆虫的地理区划方案[7] [8] [9] [10]，并揭示了中国昆虫与木本植物、哺乳动物分布格局的同质性[11]；申琪分析了中国医学昆虫与以植食性为主的昆虫整体具有相同的分布格局[12]，那么，世界医学昆虫具有怎样的分布格局？与世界昆虫、动物、植物、微生物具有怎样的关系？长期以来，人们对医学生物的分类鉴定、生物学特征、生理生化特性、致病机理、传播扩散、预防免疫及诊断治疗都有着精深的研究，但对不同病原生物的分布范围、适生区域、地理区划缺乏宏观的探讨分析，以致可能出现迅速蔓延、难于应对的被动局面。本研究将用多元相似性聚类分析法予以分析尝试[5] [10]。

2. 材料与方法

2.1. 材料

在 9 目 76 科卫生医学昆虫中，主要从医学昆虫专著及全球生物多样性信息平台汇集种类、分布信息[13] [14] [15]，构建医学昆虫数据库，共计 4544 属 63,193 种(表 1)。约占全球昆虫属的 4.35%，种的 6.11%。

Table 1. Main groups of medical insect**表 1. 医学昆虫的主要类群**

目 Orders	科 Families	属数 No. of genera	种数 No. of species
蜚蠊目 Blattodea	硕蠊科 Blaberidae	165	1211
	姬蠊科 Blattellidae	220	2295
	蜚蠊科 Blattidae	46	615
	辉蠊科 Lamproblattidae	3	10
	工蠊科 Tryonicidae	7	32
	隐尾蠊科 Ceyptocercidae	1	12
	地鳖蠊科 Polyphagidae	39	221
食毛目 Mallophaga	蟹蠊科 Nocticolidae	9	32
	袋鼠鸟虱科 Boopidae	6	48
	鼠鸟虱科 Gyropidae	8	90
	象虱科 Haematomyzidae	1	3
	短角鸟虱科 Menoponidae	76	1210
	长角鸟虱科 Philopteridae	169	2801
	鸟虱科 Riconidae	3	44
虱目 Anoplura	兽鸟虱科 Trichodectidae	20	345
	水鸟虱科 Laemobothridae	1	23
	毛鸟虱科 Trimenoponidae	1	1
	Enderleinellidae	5	52
	血虱科 Haematopinidae	1	30
	Hamophthiriidae	1	1
	甲协虱科 Hoplopleuridae	6	157
半翅目 Hemiptera	Hybophthiridae	1	1
	颤虱科 Linognathidae	5	76
	Microthoraciidae	1	4
	瞓虱科 Neolinognathidae	1	2
	Pacaroecidae	1	1
	Pedicinidae	1	16
	虱科 Pediculidae	1	18
	多板虱科 Polyplacidae	20	190
	阴虱科 Pthiridae	1	2
	Ratemiidae	1	3
	臭虫科 Cimicidae	22	74
	猎蝽科 Reduviidae	13	163

Continued

鞘翅目 Coleoptera	芫菁科 Meloidae	126	2480
	花蝇科 Anthomyiidae	105	2463
	丽蝇科 Calliphoridae	199	1931
	厕蝇科 Fannidae	17	401
	舌蝇科 Glossinidae	1	24
	虱蝇科 Hippoboscidae	102	917
	蝇科 Muscidae	382	6605
	蝶蝇科 Nycteribiidae	5	112
	狂蝇科 Oestridae	51	216
双翅目 Diptera	鼻蝇科 Rhiniidae	54	527
	尸蝇科 Richardidae	1	283
	麻蝇科 Sarcophagidae	613	4763
	虻科 Tabanidae	293	6015
	蚊科 Culicidae	134	2975
	蠓科 Ceratopogonidae	161	6359
	蚋科 Simuliidae	159	2134
	白蛉科 Phlebotomidae	60	869
	钩鬃蚤科 Ancistropsyllidae	1	3
	角叶蚤科 Ceratophyllidae	45	428
	奇蚤科 Chimaeropsyllidae	7	29
	切唇蚤科 Coptopsyllidae	1	19
	多毛蚤科 Hystrichopsyllidae	45	624
	蝠蚤科 Ischnopsyllidae	20	126
	细蚤科 Leptopsyllidae	31	263
	Lycopsyllidae	4	8
	巨蚤科 Macropsyllidae	2	3
蚤目 Siphonaptera	柔蚤科 Malacopsyllidae	2	2
	蚤科 Pulicidae	22	173
	臀蚤科 Pypsyllidae	10	49
	棒角蚤科 Rhopalopsyllidae	10	127
	盔冠蚤科 Stephanocircidae	9	51
	微棒蚤科 Stivaliidae	23	117
	潜蚤科 Tungidae	4	24
	蠕形蚤科 Vermipsyllidae	3	42
	剑鬃蚤科 Xiphiosyllidae	1	8
	柳氏蚤科 Liuopsyllidae	1	3

Continued

鳞翅目 Lepidoptera	毒蛾科 Lymantriidae	256	4212
	刺蛾科 Limacodidae	288	1757
膜翅目 Hymenoptera	蜾蠃科 Eumenidae	239	4044
	寡毛土蜂科 Sapygidae	3	10
	土蜂科 Scoliidae	20	99
	钩土蜂科 Tiphidae	59	167
	胡蜂科 Vespidae	119	1948
合计 9	76	4544	63193

世界生物多样性的述著浩如烟海，有学者统计，全球生物共 7 界 96 门 352 纲 1466 目，约 280 万种 [16]。排除海洋种类、化石种类，也不包括种下分类，本研究涉及的生物类群包括动物、植物、微生物共 8 界 115 门 356 纲 1352 目 8715 科 180,661 属 2,195,562 种(表 2)。种类分布信息也主要来源于 GBIF，因为它能提供各个生物阶元的具体而直观的分布信息[15]。本着提高分布资料的利用率及分析结果的清晰度，本研究以属级阶元作为分析的基础生物单元(basic biological units, BBU)。

Table 2. The living things groups in the World for compared**表 2. 供比较的世界陆生生物类群**

界 Kingdom	门 No of Phylums	纲数 No. of classes	目数 No. of orders	科数 No. of families	属数 No. of genera	种数 No. of species
动物界 Animalia	20	63	373	4628	141,814	1,334,834
植物界 Plantae	15	41	215	1010	17,526	544,887
古菌界 Archaea	2	9	15	35	134	528
细菌界 Bacteria	29	49	112	443	2893	16,634
藻菌界 Chromista	13	68	291	1280	5577	79,122
真菌界 Fungi	9	47	211	855	10,454	208,207
原生菌界 Protozoa	11	43	80	295	831	4809
病毒界 Viruses	16	36	55	169	1432	6539
总计 8	115	356	1352	8715	180,661	2,195,562

2.2. 全球陆地基础地理单元划分

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[10]。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。各个 BGU 的名称见表 3。

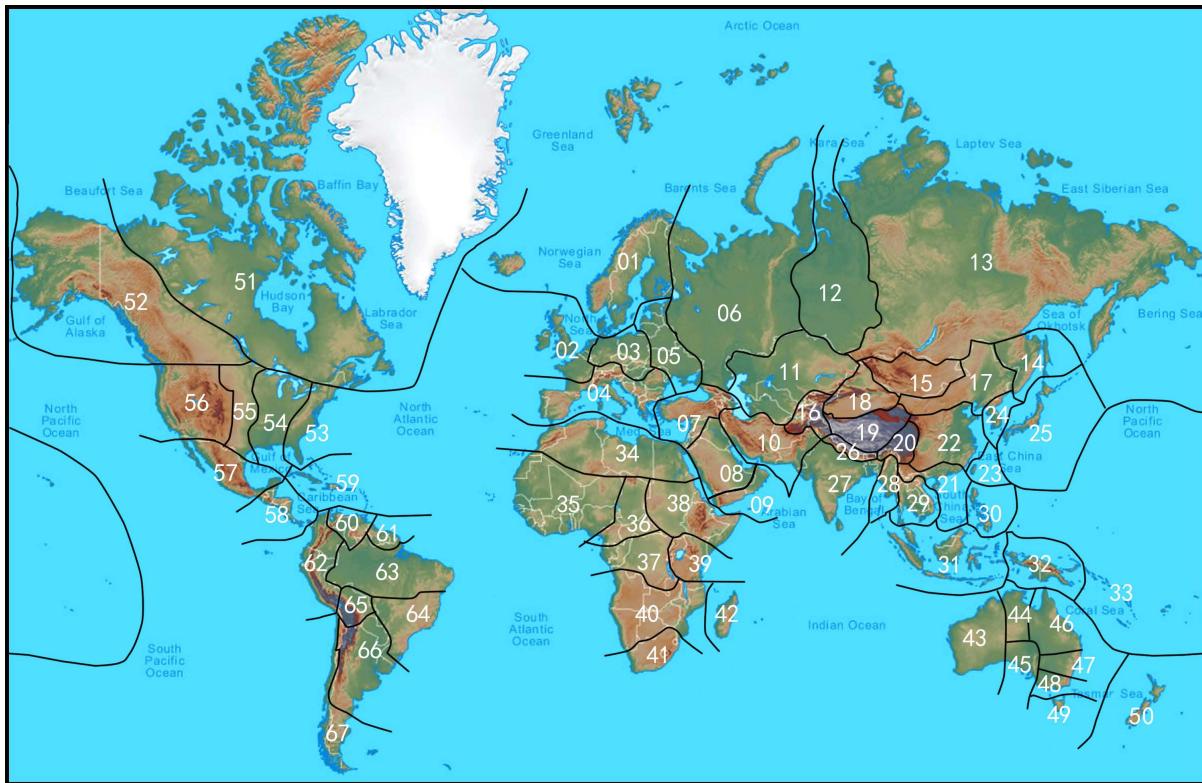


Figure 1. BGUs of the World
图 1. 世界陆地的基础地理单元

将所有生物属级类群的分布信息转化为 BGU 的分布信息,用微软 access 分别作成医学昆虫分布数据库和有关类群数据库[10]。将各个 BGU 作为各列,将各个 BBU 作为各行。将一个属的分布信息,录入数据库中,有分布记“1”,无分布不记。4544 属医学昆虫在 67 个 BGU 共有 15,510 个基础分布记录(basic distributional records, BDR), 平均丰富度(average richness, AR)为 231 属/BGU, 平均分布域(average distributional territory, ADT)为 3.41 BGUs/属。数据库的这些基本参数可以为分析结果提供基本估计,若 ADT 低于 1.5, 将难以得到满意的结果, 应该考虑提高生物阶元或减少 BGU 数量。各个 BGU 的医学昆虫属数见表 3, 被比较生物类群属数见表 4。

Table 3. The number of genera of medical insect of BGUs in the World
表 3. 各 BGU 的医学昆虫属数

BGU	属数	BGU	属数
01 北欧 Northern Europe	253	44 刚果河流域 Congo river basin	207
02 西欧 Western Europe	316	45 埃塞俄比亚地区 Ethiopia region	131
03 中欧 Central Europe	245	46 坦桑尼亚地区 Tanzania region	241
04 南欧 Southern Europe	271	47 安哥拉地区 Angola region	251
05 东欧 Eastern Europe	99	48 南非 South Africa	292
06 俄罗斯欧洲部分 European Russia	143	49 马达加斯加 Madagascar	180
11 中东 Middle East	208	51 西澳大利亚 Western Australia	116
12 沙特阿拉伯 Saudi Arabia	81	52 北澳大利亚 Northern Territory	101

Continued

13 也门与阿曼 Yemen and Oman	75	53 南澳大利亚 South Australia	79
14 伊朗高原 Plateau of Iran	211	54 昆士兰 Queensland	239
15 中亚 Central Asia	246	55 新南威尔士 New South Wales	232
16 西西伯利亚 Western Siberia	165	56 维多利亚 Victoria	135
17 东西伯利亚 Eastern Siberia	315	57 塔斯马尼亚 Tasmania	151
18 乌苏里地区 Ussuri region	124	58 新西兰 New Zealand	71
19 蒙古 Mongolia	103	61 东加拿大 Eastern Canada	205
20 帕米尔高原 Plateau of Pamir	127	62 西加拿大 Western Canada	256
21 中国东北 Northeastern China	446	63 美国东部山地 Mts. Eastern USA	300
22 中国西北 Northwestern China	314	64 美国中部平原 Plain Central USA	234
23 青藏高原 Qinghai-Xizang plateau	319	65 美国中部丘陵 Hills Central USA	243
24 中国西南 Southwestern China	457	66 美国西部山地 Mts. Western US	325
25 中国华南 Southern China	474	67 墨西哥 Mexico	330
26 中国中东部 Centre-eastern China	614	68 中美地区 Central America region	465
27 中国台湾 Taiwan region of China	419	69 加勒比海岛屿 Caribbean Islands	134
28 朝鲜半岛 Korea Peninsula	125	71 委内瑞拉 Venezuela	182
29 日本 Japan	300	72 圭亚那高原 Plateau Guyana	176
31 喜马拉雅地区 Himalayan region	161	73 安第斯山北段 Northern Mt. Andes	381
32 印度地区 Indian region	311	74 亚马孙平原 Amazon Plain	267
33 缅甸 Myanmar	214	75 巴西高原 Plateau Brazil	242
34 中南半岛 Indochina Peninsula	284	76 玻利维亚 Bolivia	151
35 菲律宾 Philippines	202	77 阿根廷 Argentina	237
36 印度尼西亚 Indonesia	343	78 安第斯山南段 Southern Mt. Andes	74
37 新几内亚 New Guinea	179	BBU 基础生物单元 basic biological unit	4544
38 太平洋岛屿 Pacific Islands	168	BGU 基础地理单元 basic geograp. unit	67
41 北非 Northern Africa	209	BDR 基础分布记录 basic distrib. records	15510
42 西非 Western Africa	222	AR 平均丰富度 BDR/BGU	231
43 中非 Central Africa	139	ADT 平均分布域 BDR/BBU	3.41

Table 4. The number of animalia (not including insects), plantae and microorganism of BGUs
表 4. 各 BGU 的动物(不包括昆虫)、植物、微生物属数

BGU	动物 [*] Animal	植物 Plant	微生物 Microorganism	BGU	动物 [*] Animal	植物 Plant	微生物 Microorganism
01	3072	3556	6342	44	1584	2256	615
02	4390	3342	6752	45	1381	1703	613
03	3301	2941	5627	46	1749	2623	901
04	4631	3498	6386	47	1702	2567	1970

Continued

05	1213	1407	2506	48	2850	3444	2619
06	1038	1684	2518	49	1771	2903	1361
11	2177	2028	2595	51	2959	2410	2060
12	1307	911	1322	52	1984	1690	2055
13	1237	1018	922	53	1720	2041	4070
14	1260	1459	1356	54	3919	3123	4540
15	738	1102	1030	55	3603	3209	3008
16	487	826	875	56	2515	2674	3107
17	1239	1259	1611	57	1818	1817	5241
18	702	1045	602	58	2405	2918	2933
19	439	697	247	61	2501	1772	4459
20	398	1216	665	62	2952	2565	3891
21	806	1004	1495	63	4926	4081	6267
22	564	732	450	64	3713	2796	4859
23	934	788	1087	65	2779	2465	3954
24	1168	2212	932	66	4075	4144	5411
25	1878	2745	2661	67	4498	4547	3984
26	2057	2989	3899	68	3381	3863	3167
27	1360	2210	2462	69	2448	2880	2516
28	926	1248	2338	71	2557	3163	2051
29	2847	2582	4672	72	1422	2243	1254
31	1439	2057	1501	73	3380	4772	2907
32	2571	2970	3529	74	2400	3727	2747
33	1658	1913	912	75	3221	4073	3027
34	1757	3012	1922	76	1517	3233	784
35	2441	2206	1600	77	2576	2615	2382
36	3446	3583	3568	78	1901	2039	2913
37	2259	2800	1283	BBU	37,470	17,526	21,321
38	2763	3294	3643	BGU	67	67	67
41	2552	2124	2839	BDR	143,596	163,933	184,685
42	1981	3026	2175	AR	2143	2447	2756
43	877	2092	295	ADT	3.83	9.35	8.89

*注：不包括昆虫。

2.3. 分析方法

选择目前常用的 3 种系统聚类分析方法(hierarchical clustering method)及我们新提出的 MSCA 法进行分析：

单链法(Single linkage method, SLM), 又称最短距离法 nearest neighbor, 配套使用 Jaccard (1901)的相似性系数公式[17] $SI = C/(A+B-C)$, 这是最基本的聚类方法;

类平均法(Average group linkage method, AGL), 又称 UPGMA 法(Unweighted pair group means algorithm) [18], 使用 Szymkiewicz (1934)的相似性系数公式[19], 又称 Simpson (1943)公式[20]: $SI = C/\min(A, B)$, 这是目前流行的聚类方法;

离差平方和法(Sum of squares method, SSM), 又称 Ward's method (1963) [21], 使用 Czekanowski (1913)的相似性系数公式[22], 又称 Sørensen (1948)公式[23]: $SI = 2C/(A+B)$, 这是效果较好的方法, 但计算过程比较复杂。

这 3 种方法所用的 3 个公式都是只能计算两个地区间的相似性系数, A, B 分别是两个地区的种类数, C 是两个地区的共有种类数, 具体运算由 SPSS 完成。

申效诚等提出的相似性通用公式(similarity general formula, SGF)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[24]。相伴提出的还有相异性公式、相似性贡献率公式、相异性贡献率公式:

$$\text{相似性公式: } SI_n = \sum H_i / nS_n = \sum (S_i - T_i) / nS_n$$

$$\text{相异性公式: } DI_n = 1 - SI_n = 1 - \sum (S_i - T_i) / nS_n = [nT + \sum (H - H_i)] / nS$$

$$\text{相似性贡献率公式: } CSI_i = H_i / \sum H_i$$

$$\text{相异性贡献率公式: } CDI_i = (nT_i + H - H_i) / (nS - \sum H_i)$$

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(multivariate similarity clustering analysis, MSCA)的核心是“全员参与、适度设区、摈弃合并、等距划分”, 任何组群的相似性系数都可以直接计算, 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[5] [25]。总相似性系数、总相异性系数、各个 BGU 的相似性贡献率、相异性贡献率都是传统分析方法所没有的概念和无法计算的指标。

3. 结果

3.1. 世界医学昆虫的 MSCA 结果

3.1.1. 聚类结果

世界医学昆虫的 MSCA 分析结果如图 2, 67 个 BGU 的总相似性系数为 0.089, 总相异性系数为 0.911。在相似性水平线为 0.370 时, 分别聚成 a-t 共 20 个小单元群; 在 0.250 时又聚成 A~G 共 7 个大单元群。检查各群的组成单元都是相邻相连, 符合地理学原则; 各大群基本是相对独立的大陆块, 各小群在大群内具有相对独特的生态环境, 符合生态学原则; 各群内的相似性程度高于群间的相似性程度, 符合统计学原则。每群都有自己的特有昆虫类群, 符合生物学原则。

聚类结果与世界昆虫整体结果[9]相比, 表现出高度的一致性, 大、小单元群的数量完全相同, 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整体结果, 这是由于人们对医学昆虫比较关注, 调查比较深入所致; 个别单元的聚类位置有所移动, 25 号单元从 g 小群移到 f 小群, 37 号单元从 h 小群移到 i 小群, 74 号单元从 r 小群移到 s 小群, 这些移动都是相邻群之间的移动, 不违背地理学原则。

聚类结果与华莱士的哺乳动物的区划相比[1]，除 D 大群与非洲界相同外，都有所变动。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 Cox 建议的现行世界植物区划相比[26]，C、D、E 三大群与印度-太平洋界、非洲界、澳洲界相同，不同的是 A、B、F 三大群相当于把泛北极界分作三部分，G 大群相当于新热带界划出中美地区给 F 大群。

聚类结果与目前现有的几个昆虫类群的区划意见比较，支持毛翅目和粉虱科把古北界一分为二的设置[27] [28]；支持蚤目和毛翅目把新几内亚岛及太平洋岛屿划归东洋界的决定[29] [30]；支持粉虱科、隐翅虫科、水生昆虫将太平洋岛屿从澳洲界剥离的设定[28] [31] [32]；支持广腰亚目和蚊科将也门、阿曼等地划归古北界的调整[33] [34]，支持蚊科将墨西哥划归新北界的变动[34]。不支持对新西兰、马达加斯加、南极的单独设界。

鲜明对比的是传统聚类方法得不到如此准确、灵敏、细致的结果，单链法(图 3)的结果是混乱的，分不出层次，有相当数量的地理单元聚不了类，成为“噪音”。类平均法(图 4)比单链法有明显改进，基本消除了噪音，在 0.63 距离水平上可以聚成 6 个单元群，其中 5 个具有地理学意义，所标字母是与图 3 基本相同的区域，由 26 个地理单元组成的大群是混乱的，不具备地理学价值，更细层次的划分也无法得到改善。离差平方和法(图 5)聚类层次更为分明，在 1.3 距离水平上，聚为 8 个单元群，前 7 个都具有地理学意义，最后 1 个是聚不了类的单元的大集合，违背了地理学原则，更细层级的划分比较困难。

3.1.2. 各 BGU 的相似性贡献率与相异性贡献率

在聚类分析中，各个 BGU 对相似性和相异性所起的作用是不相等的(表 5)。每个大群的构成中，都有各自的核心地区，它以较多的共有种类来发挥吸引力构成一个群，又以较多的特有种类拉开与它群的距离。两个核心地区吸引力相等的地方是两个群的边界，位于边界的 BGU 常因两侧吸引力的微小差异而左右摇摆。核心地区的凝聚力及独立性是生物分布区形成的机制。显然，04、26、36、48、54、66、67、68、73 号 BGU 是发挥了骨干作用的。

3.2. 其它生物的聚类结果

同样用 MSCA 方法对植物、动物(不包括昆虫)、微生物进行分析，结果是图 6~8。世界植物的 17526 属级阶元总相似性系数为 0.141，在相似性系数 0.400 时，67 个 BGU 聚成 20 个小单元群，在 0.270 时，聚成 7 个大单元群(图 6)。世界动物的 34,740 属级阶元总相似性系数为 0.060，在相似性系数 0.340 时，67 个 BGU 聚成 20 个小单元群，在 0.200 时，聚成 7 个大单元群(图 7)。和植物相比，仅 31 号 BGU 从 B 大群移到 C 大群，不违背地理学原则。世界微生物的 21321 属级阶元总相似性系数为 0.171，在相似性系数 0.190 时，67 个 BGU 聚成 7 个大单元群(图 8)。和植物相比，仅 C 大群的 25、38 号 BGU 分别移到 B、E 大群，也不违背地理学原则。

3.3. 医学昆虫与其它生物分布格局的比较

图 2 与图 6~8 比较，明显地具有大同小异的分布特征。不仅相聚的大小单元群数量相同，而且各群的组成也几近相同，A、D、F、G 大群的组成完全相同，B、C、E 大群的核心没有变化，仅处在边缘的个别 BGU，如 25、31、38 号，有时会左右摇摆，但都不违背地理学逻辑。因此可以认为医学昆虫已经成为一个独立的生态类群。

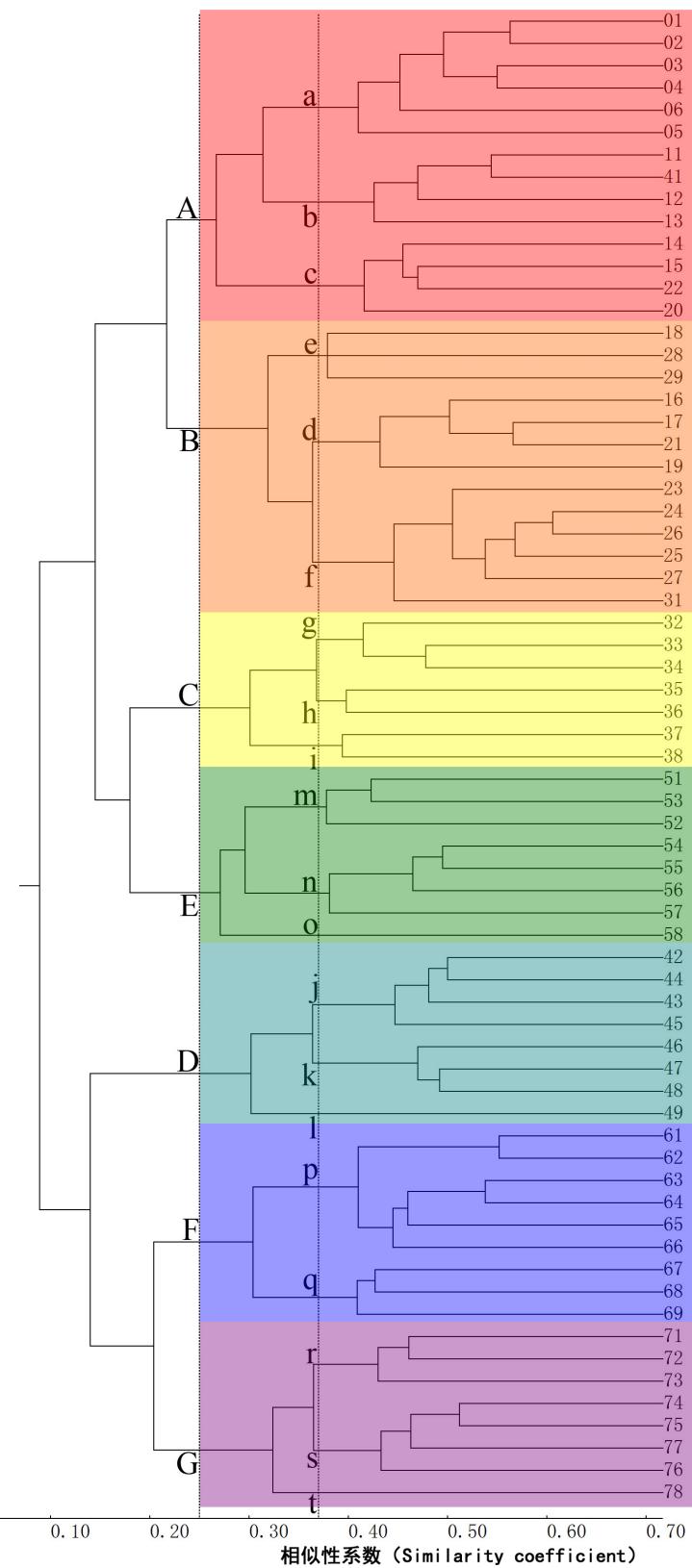


Figure 2. Dendrography of distribution of 4544 genera of the medical important insects in the World
图 2. 世界 4544 属医学昆虫分布聚类图

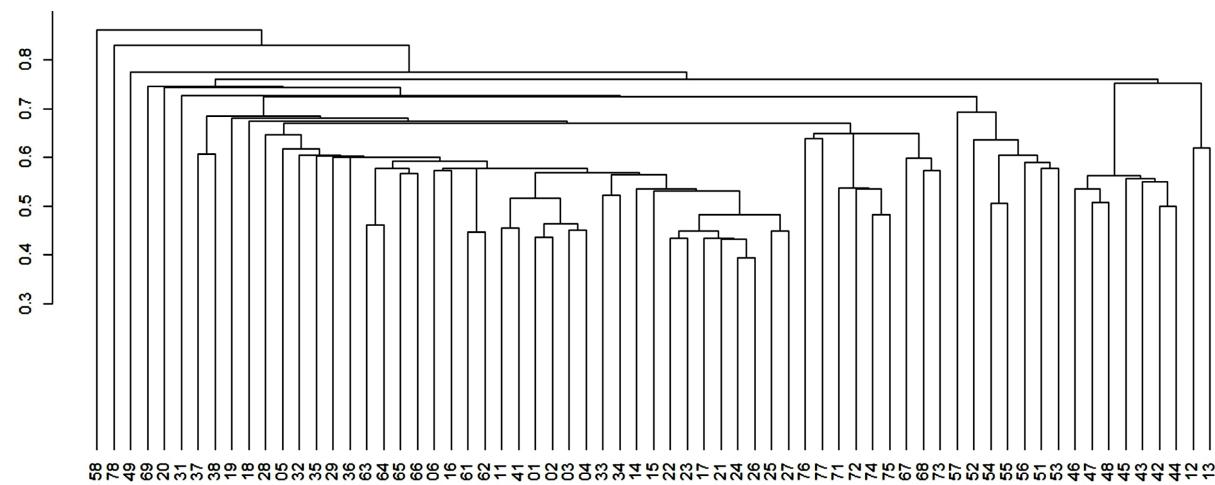
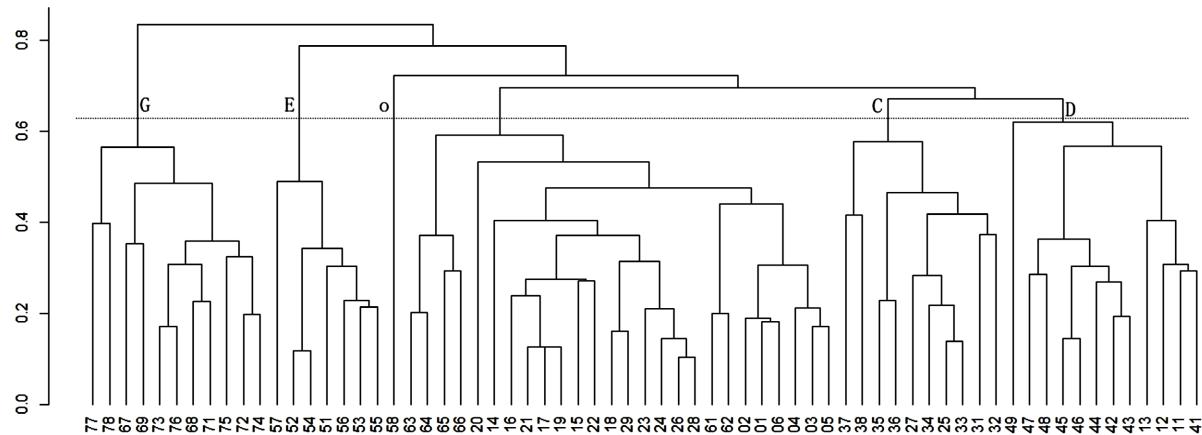
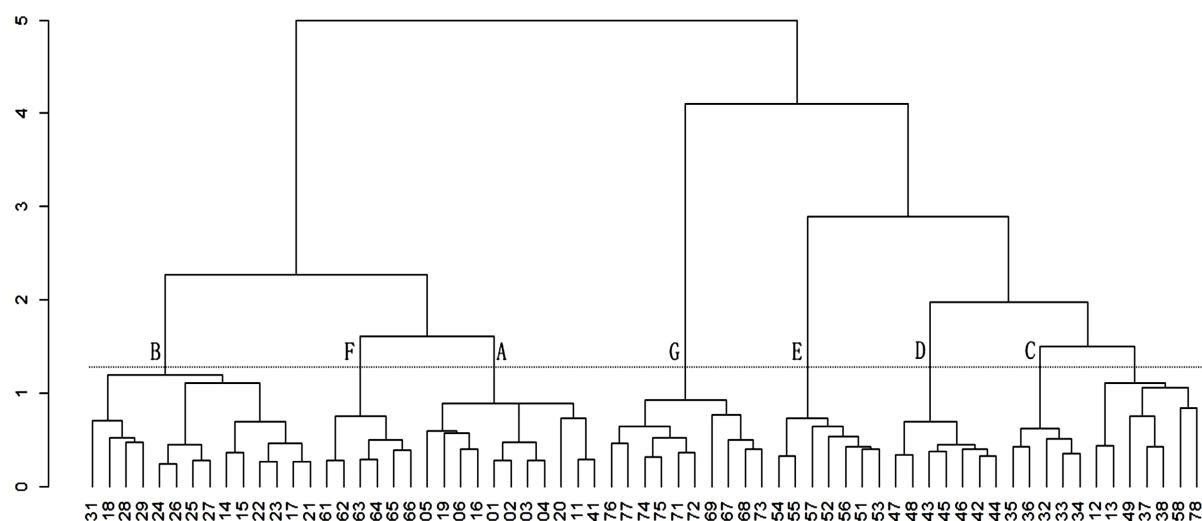
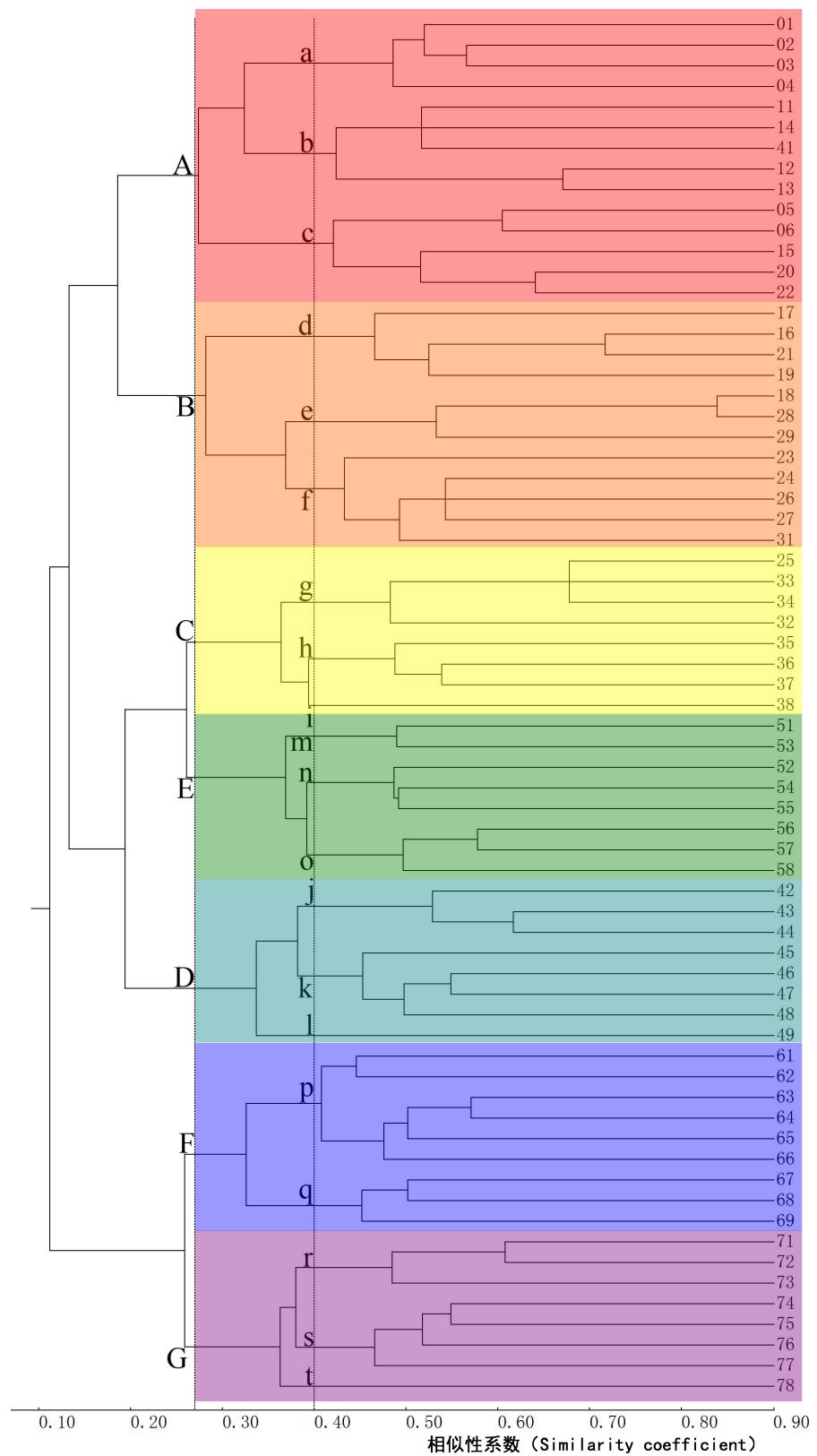
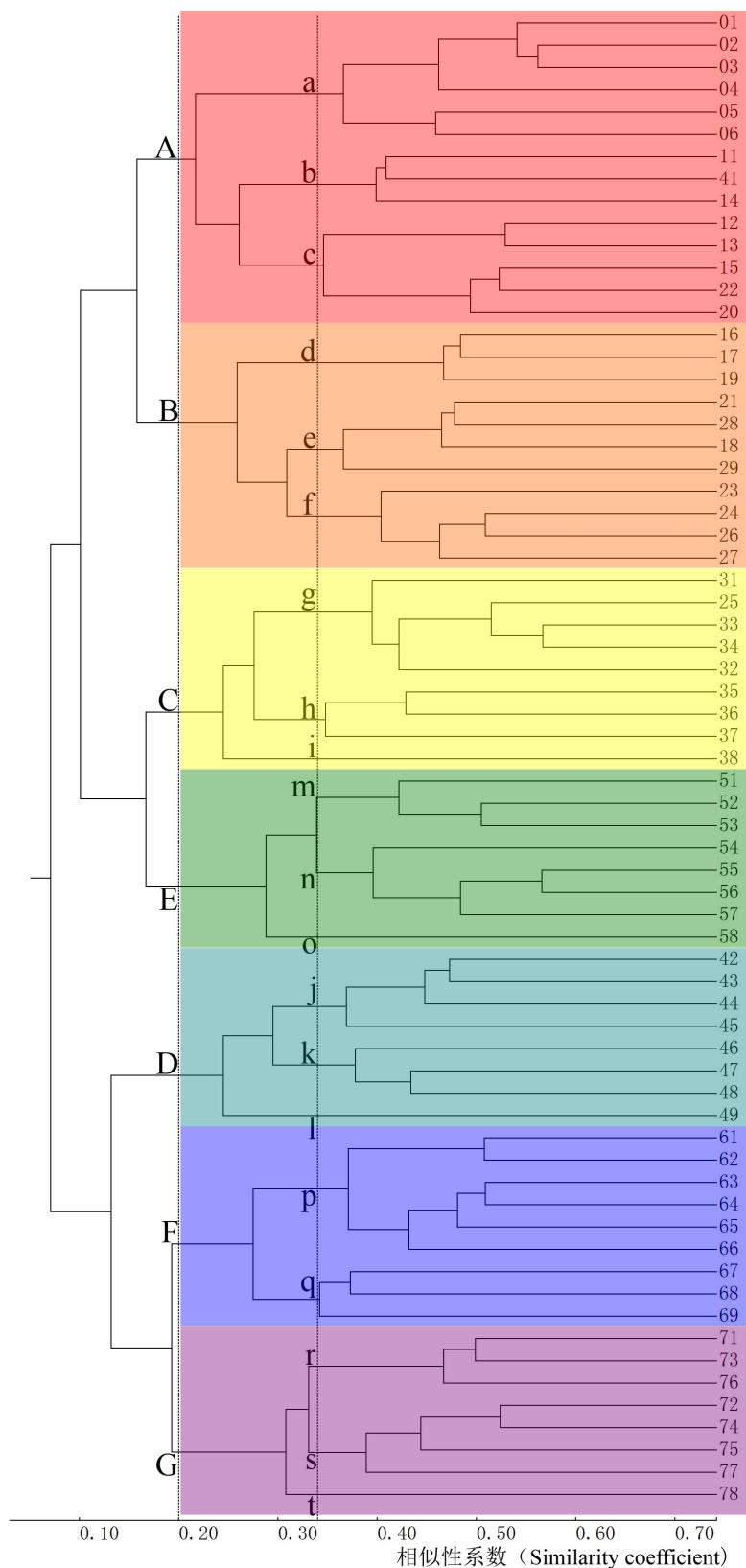
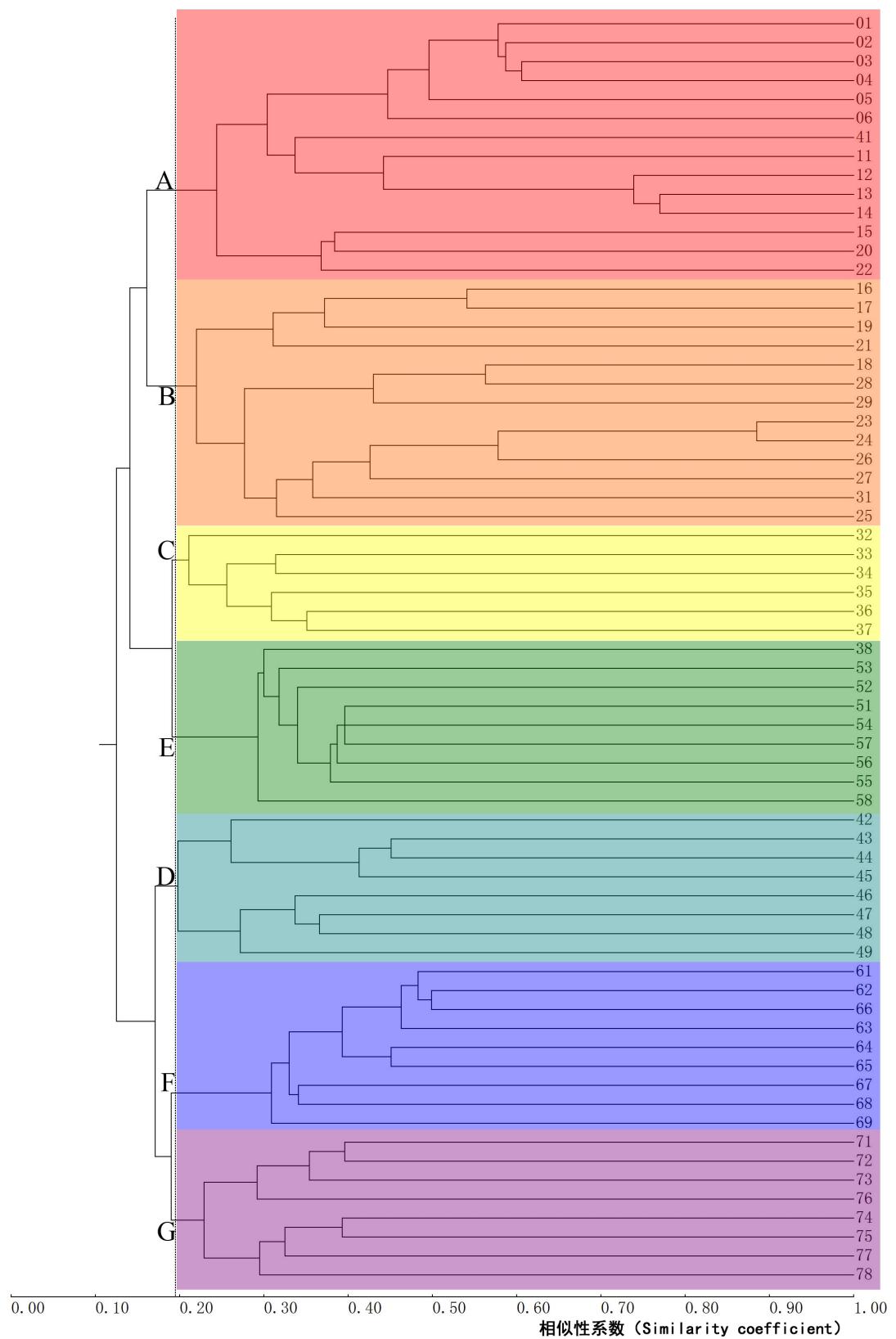
**Figure 3.** Dendrography of medical insects by SLM**图 3. 单链法对医学昆虫的聚类图****Figure 4.** Dendrography of medical insects by AGL**图 4. 类平均法对医学昆虫的聚类图****Figure 5.** Dendrography of medical insects by SSM**图 5. 离差平方和法对医学昆虫的聚类图**

Table 5. The rate of contribution of similarity and difference of every BGU**表 5.** 各 BGU 的相似性贡献率和相异性贡献率

BGU	属数 No. of genera	特有属 endemic genera	共有属 common genera	相似性 贡献率 CSI(%)	相异性 贡献率 CDI(%)	BGU	属数 No. of genera	特有属 endemic genera	共有属 common genera	相似性 贡献率 CSI(%)	相异性 贡献率 CDI(%)
01	253	2	251	1.69	1.12	42	222	12	210	1.42	1.59
02	316	5	311	2.10	1.12	43	139	4	135	0.91	1.28
03	245	1	244	1.64	1.08	44	207	12	195	1.31	1.60
04	271	15	256	1.73	1.69	45	131	1	130	0.88	1.15
05	99		99	0.67	1.13	46	241	15	226	1.52	1.71
06	143		143	0.96	1.10	47	251	9	242	1.63	1.43
11	208	6	202	1.36	1.32	48	292	42	250	1.69	2.89
12	81		81	0.55	1.14	49	180	42	138	0.93	2.96
13	75	1	74	0.50	1.19	51	116	5	111	0.75	1.34
14	211	3	208	1.40	1.19	52	101	3	98	0.66	1.26
15	246	1	245	1.65	1.07	53	79	1	78	0.53	1.19
16	165		165	1.11	1.08	54	239	15	224	1.51	1.71
17	315		315	2.12	0.98	55	232	17	215	1.45	1.80
18	124	2	122	0.82	1.20	56	135	4	131	0.88	1.28
19	103		103	0.69	1.12	57	151	18	133	0.90	1.90
20	127		127	0.86	1.11	58	71	12	59	0.40	1.69
21	446	12	434	2.93	1.44	61	205	2	203	1.37	1.15
22	314	8	306	2.06	1.34	62	256	9	247	1.66	1.43
23	319	5	314	2.12	1.21	63	300	7	293	1.98	1.31
24	457	6	451	3.04	1.16	64	234	3	231	1.56	1.17
25	474	8	466	3.14	1.24	65	243	4	239	1.61	1.21
26	614	25	589	3.97	1.91	66	325	21	304	2.05	1.92
27	419	16	403	2.72	1.63	67	330	17	313	2.11	1.74
28	125		125	0.84	1.11	68	465	68	397	2.68	3.94
29	300	6	294	1.98	1.26	69	134	12	122	0.82	1.64
31	161	4	157	1.06	1.27	71	182	5	177	1.19	1.30
32	311	13	298	2.001	1.57	72	176	7	169	1.14	1.39
33	214	2	212	1.43	1.14	73	381	34	347	2.34	2.47
34	284	8	276	1.86	1.36	74	267	9	258	1.74	1.42
35	202	8	194	1.31	1.42	75	242	5	237	1.60	1.26
36	343	33	310	2.09	2.45	76	151	2	149	1.00	1.18
37	179	13	166	1.12	1.66	77	237	15	222	1.50	1.71
38	168	21	147	0.99	2.03	78	74	12	62	0.42	1.68
41	209	7	202	1.36	1.37	合计	15510	675	14835	100.00	100.00

**Figure 6.** Dendrography of distribution of plant in the world**图 6. 世界植物分布聚类图**

**Figure 7.** Dendrography of distribution of animal in the world**图 7.** 世界动物分布聚类图

**Figure 8.** Dendrography of distribution of Microorganism in the world**图 8.** 世界微生物分布聚类图

4. 结论与讨论

本研究首次分析了全球医学昆虫的分布格局，定量性地制定了医学昆虫地理区划方案，并首次证明与世界昆虫、动物、植物、微生物分布格局的一致性。说明全球生态条件对医学昆虫的分布同样发挥着决定性的作用。

食物链是生物类群间的基础联系，作为医学昆虫的侵袭对象，人在世界的广泛分布，为医学昆虫的扩散蔓延提供了前提条件，使其比其它昆虫类群更具扩散潜力。从事医学实践活动，不仅要严密关注本土医学昆虫的控制，还要时刻提防外域医学昆虫的入侵和蔓延。

生物地理学创立以来的两个半世纪，植物学家研究植物的分布格局，动物学家研究动物的分布格局，同向而行，互不融合，而且都着重于高等类群。虽然人们对动植物具有相同分布格局早有预期[35]，但尚无人尝试性地迈出第一步。对于昆虫、微生物等较低等的生物类群，更很少有人顾及。本研究的这种“世界大同”式的结局说明持续6700万年的新生代所出现的现生属级阶元在相对稳定的生态环境下形成了以食物链为基本联系的生态群落，这为构建世界统一的生物地理区划系统提供了可能性。希望植物学家、动物学家、微生物学家、医学家们打开门户壁垒，共同携手，完成这一历史使命。

致 谢

感谢英国伦敦国王学院 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 Vršanský 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 Nájed 教授，法国巴黎大学 Maram Caesar 教授，巴西圣保罗大学 Michel P. Valim 教授，及国内学者中国科学院杨星科研究员，中国科学院地理研究所张镱锂研究员，南开大学卜文俊教授等，他们或赠送文献，或修饰文稿，或提出建议，促进与改善了本项研究工作。

基金项目

河南省基础和前沿技术基金资助项目(082300430370)。

参考文献

- [1] Wallace, A.R. (1876) *The Geographical Distribution of Animals*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] Engler, A. (1879) *Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt*. Engelmann, Leipzig.
- [3] 吴征镒, 孙航, 周浙坤, 李德铢, 彭华. 中国种子植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [4] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [5] 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.
- [6] 刘新涛, 刘晓光, 申琪, 张书杰, 杨党伟, 任应党. 合并与不合并: 两个相似性聚类分析方法的比较[J]. 生态学报, 2013, 33(11): 3480-3487. <https://doi.org/10.5846/stxb201203090319>
- [7] 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聚类分析和地理区划[J]. 昆虫学报, 2013, 56(8): 896-906.
- [8] 申效诚, 等. 中国昆虫地理[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2015.
- [9] 申效诚, 路纪琪, 任应党, 申琪, 刘新涛, 杨琳琳. 世界昆虫分布格局的聚类分析及地理区划[J]. 科技导报, 2020, 38(13): 83-95
- [10] 申效诚, 等. 世界昆虫地理[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2021.
- [11] 申效诚, 任应党, 申琪, 张书杰, 马晓静, 杨琳琳, 王光华, 冯超红. 中国生物分布格局的同质性——生物地理区划研究之 XII[J]. 自然科学, 2018, 6(4): 373-382. <https://doi.org/10.12677/OJNS.2018.64048>
- [12] 申琪. 中国医学昆虫区系分布的多元相似性聚类分析[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2014, 21(3): 165-171.

- [13] 吴征鉴. 寄生虫学与寄生虫病学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984.
- [14] 陆宝麟. 中国重要医学动物鉴定手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1982.
- [15] GBIF (Global Biodiversity Information Facility) (2017) Free and Open Access to Biodiversity Data. <http://gbif.org/species>
- [16] Ruggiero, M.A., Gordon, D.P., Orrell, T.M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R.C., et al. (2015) A Higher Level Classification of All Living Organisms. *PLoS ONE*, **10**, Article ID: e0119248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
- [17] Jaccard, P. (1901) Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranses et dans quelques régions voisines. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, **37**, 547-579.
- [18] Socal, R.R. and Michener, C.D. (1958) A Statistical Method for Evaluating Systematic Relationship. *University of Kansas Science Bulletin*, **38**, 1409-1438.
- [19] Szymkiewicz, D. (1934) Une contribution Statistique à la géographie floristique. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, **11**, 249-265. <https://doi.org/10.5586/asbp.1934.012>
- [20] Simpson, G.G. (1943) Mammals and the Nature Continents. *American Journal of Science*, **241**, 1-31. <https://doi.org/10.2475/ajs.241.1.1>
- [21] Ward, J.H. (1963) Heirarchical Grouping to Optimise an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, **58**, 236-244. <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>
- [22] Czekanowski, J. (1913) Zarys method statystycznych w zastosowaniu do antropologii. Towarzystwo Naukowe Warszawskie, Warszawa.
- [23] Sørensen, T. (1948) A Method of Establishing Groups of Equal Amplitude in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and its Application to Analysis of the Vegetation on Danish Commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter*, **5**, 1-34.
- [24] 申效诚, 王爱萍. 昆虫区系多元相似性的简便计算公式及其贡献率[J]. 河南农业科学, 2008(7): 67-69.
- [25] Shen, X.C., Zhang, S.J., Shen, Q., Hu, G.L. and Lu, J.Q. (2021) Multivariate Similarity Clustering Analysis: A New Method Regarding Biogeography and Its Application in Global Insects. *Integrative Zoology*, **16**, 390-403. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12485>
- [26] 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>
- [27] Morse, J.C., Barnard, P.C., Holzenthal, K.W., Hulsman, J., Ivanov, V.D., Moor, F.C., Tanide, K., Welles, A. and Wichard, W. (2011) Trichoptera World Checklist. <http://www.entweb.sites.clemson.edu/database/trichopt/index.htm>
- [28] Evans, G.A. (2007) The Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the World and Their Host Plants and Natural Enemies. 708 p. <http://www.keys.lucidcentral.org/keys/y3>
- [29] Vashchonok, V. and Medvedev, S. (2013) Fleas (Siphonaptera). <http://www.zin.ru/Animalia/Siphonaptera>
- [30] Moor, F.C. and Ivanov, V.D. (2008) Global Diversity of Caddisflies (Trichoptera: Insecta) in Freshwater. *Hydrobiologia*, **595**, 393-407. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9113-2>
- [31] Herman, L.H. and Ales, S. (2001) Catalog of the Staphylinidae (Insecta: Coleoptera), 1758 to the End of the Second Millennium. Vol. I-VII. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **265**, 1-659. <https://doi.org/10.1206/0003-0090.265.1.1>
- [32] Balian, E.V., Leveque, C., Segers, H. and Martenss, K. (2008) Freshwater Animal Diversity Assessment. *Hydrobiologia*, **595**, 627-637. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9246-3>
- [33] Taeger, A., Blank, S.M. and Liston, A.D. (2010) World Catalog of Symphyta (Hymenoptera). *Zootaxa*, **2580**, 1-1064. <https://doi.org/10.11164/zootaxa.2580.1.1>
- [34] Silver, J. (2004) World Culicidae. <http://www.diptera-culicidae.Ocatch.com>
- [35] Cox, C.B. and Moore, P.D. (2005) Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach. 7th Edition, Blackwell Publishing Ltd., Oxford.