

# 世界昆虫分布格局的聚类分析及地理区划

申效诚<sup>1,2</sup>, 路纪琪<sup>2</sup>, 任应党<sup>1</sup>, 申琪<sup>3</sup>, 刘新涛<sup>1</sup>, 杨琳琳<sup>1</sup>

1. 河南省农业科学院植物保护研究所, 郑州 450002

2. 郑州大学生命科学学院, 郑州 450001

3. 河南中医药大学第一临床医学院, 郑州 450000

**摘要** 为了制定世界昆虫地理区划方案, 按地形、气候等生态条件将世界陆地划分为67个基础地理单元, 汇总世界31目1208科104344属昆虫在各地地理单元的分布, 用新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, 得到层次分明、结构合理的聚类实验: 在相似性水平为0.300时, 67个基础地理单元聚成20个小单元群; 在0.200时, 聚成7个大单元群。实验结果符合统计学、地理学、生态学、生物学的要求。依此结果制定了7界20亚界的世界首个昆虫的地理区划方案, 并分析了各界、各亚界的昆虫区系特征, 提出了昆虫与动物、植物、微生物分布格局的同质性及建立世界生物地理区划方案的可能性。

**关键词** 昆虫分布; 聚类分析; 地理区划

昆虫是动物界的最大家族, 其种类远远超过其他动物的总和。昆虫个体小, 分布广, 比高等动物更容易受生态条件及环境因素的影响, 它们的生存与分布更能够体现生态及环境的差异或变化。不少昆虫已作为环境质量的指示物, 对其分布格局的探讨也日益被人们所重视。

自18世纪法国博物学家Buffon出版《自然历史》揭开生物地理学序幕以来<sup>[1]</sup>, 19世纪英国鸟类学家Sclater根据鸟类, 特别是雀形目Passeriformes

的分布, 英国动物学家Wallace主要根据哺乳动物的分布, 共同奠定了动物地理学的基础, 提出6界24亚界的动物地理区划方案<sup>[2-3]</sup>。此后虽然有人做过一些修改<sup>[4]</sup>, 但“这些19世纪的阐释到20世纪末都几乎不变地沿用<sup>[5]</sup>。”然而人们对高等动物地理的探讨脚步并没停止, 一方面讨论、质疑“华莱士线”的合理性<sup>[6-9]</sup>, 一方面尝试用定量分析的方法完善生物地理学, 提出诸多相似性公式及聚类分析方法<sup>[10-19]</sup>。进入21世纪, 人们对动物地理区划的关注

收稿日期: 2020-02-22; 修回日期: 2020-04-23

基金项目: 河南省重点实验室专项基金项目(112300413221)

作者简介: 申效诚, 研究员, 研究方向为生物地理, 电子邮箱: shenxiaoc@126.com

引用格式: 申效诚, 路纪琪, 任应党, 等. 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; doi: 10.3981/j.

issn.1000-7857.2020.13.010

度迅速上升,用不同的方法对不同的动物类群分别提出各不相同的地理区划方案<sup>[20-26]</sup>。但结果似乎不能够令人满意,甚至有人认为地理区划成为阻碍生物地理学发展的“幽灵”<sup>[27]</sup>。

昆虫,作为生物的最大类群,至今还没有对其世界分布格局的分析。长期以来,一直借用或套用与昆虫没有太多直接关系的哺乳动物的地理区划系统,既缺乏令人信服的理由,更没有充分的论证。实际上昆虫学家与植物学家、动物学家几乎同时起步开展生物地理研究,并且已经在昆虫起源与进化、昆虫的分布与扩散、地理的阻碍与演化、区系地理的相似与相异等都做了大量的工作<sup>[28-30]</sup>。Holloway等<sup>[31]</sup>用数值方法分析蝶类昆虫的分布,认为新几内亚岛应属于东洋界而不属于澳洲界。更多学者认为“华莱士线”对于哺乳动物可能是现实的,但昆虫和植物在新几内亚岛和附近的岛屿的东洋界成分比澳洲界成分要占优势。Paulian强调,生物地理学家的缺点之一是将早期工作者的观点接受为事实,盲目接受已发表的观点,会阻碍对这些基本问题的重新评价<sup>[32]</sup>。可喜的是,近些年来已有一批学者陆续对世界的毛翅目<sup>[33-34]</sup>、蚤目<sup>[35]</sup>、蚊科<sup>[36]</sup>、隐翅虫科<sup>[37]</sup>、广腰亚目<sup>[38]</sup>、粉虱科<sup>[39]</sup>等昆虫类

群提出自己的地理区划意见,尽管大都是应用定性分析方法,其中已不乏有见地的新解和建议。但至今还一直没人对庞大的昆虫纲进行过整体分析,更遑论定量分析。

本研究尝试用相似性通用公式(similarity general formula, SGF)<sup>[40]</sup>和多元相似性聚类分析方法(multivariate similarite clustering analysis, MS-CA)<sup>[41]</sup>对世界昆虫的分布格局进行分析,希冀建立起世界昆虫地理区划系统。

## 1 材料与方法

### 1.1 全球昆虫种类及分布信息

本研究所用的昆虫区系分布资料来源主要有3种,一是昆虫分类学家汇总整理的某个类群的世界性专著或名录;二是昆虫区系学者汇总整理的地区性昆虫区系资料;三是生物多样性机构或专业性网站汇总整理的昆虫类群及分布资料,另外还会随时补充新发现的新种及新分布信息。以上资料均不包括海洋种类及化石种类。共计31目1208科104344属1033635种,分布地记录超过1亿个(表1)。由于昆虫个体小,种的分布范围比高等动物、

表1 用于分析的世界昆虫种类

编号	目	科数	属数	种数	分布记录	资料主要来源
1	石蛎目 Microcoryphia	2	66	492	6007	[42]
2	衣鱼目 Zygentoma	6	132	580	7231	[43]
3	蜉蝣目 Ephemeroptera	46	542	4035	947382	[44]
4	蜻蜓目 Odonata	35	794	6398	4834055	[45]
5	襀翅目 Plecoptera	16	308	3585	478995	[46]
6	蜚蠊目 Blattodea	8	490	4428	82523	[47]
7	等翅目 Isoptera	9	284	2932	54643	[48]
8	螳螂目 Mantodea	16	459	2873	67818	[49]
9	蛩蠊目 Grylloblattodea	1	5	37	11614	[50]
10	革翅目 Dermaptera	12	219	1911	64891	[51]
11	直翅目 Orthoptera	55	4630	25769	2365431	[52-54]
12	蜥目 Phasmatodea	13	465	3071	25219	[55]
13	螳螂目 Mantophasmatodea	1	13	19	74	[50]
14	纺足目 Embioptera	13	88	402	1306	[56]
15	缺翅目 Zoraptera	1	1	40	121	[57]

表1 用于分析的世界昆虫种类(续)

编号	目	科数	属数	种数	分布记录	资料主要来源
16	蝽目 Psocoptera	40	482	6111	93407	[58-59]
17	食毛目 Mallophaga	9	285	4565	75423	[60-61]
18	虱目 Anoplura	14	46	553	16697	[62]
19	缨翅目 Thysanoptera	9	782	6038	127583	[63]
20	半翅目 Hemiptera	163	13251	79719	3997635	[19,64-71]
21	广翅目 Megaloptera	2	33	366	64025	[72]
22	蛇蛉目 Raphidioptera	2	33	251	10004	[72]
23	脉翅目 Neuroptera	16	598	5539	186503	[72]
24	鞘翅目 Coleoptera	208	38537	308315	16501234	[37,73-79]
25	捻翅目 Strepsiptera	11	49	603	2531	[80]
26	长翅目 Mecoptera	9	36	669	35175	[81]
27	双翅目 Diptera	176	14002	181994	10492270	[82-100]
28	蚤目 Siphonaptera	20	241	2099	46545	[35,101]
29	毛翅目 Trichoptera	46	658	14229	1766607	[34]
30	鳞翅目 Lepidoptera	144	18051	238948	52533181	[102-108]
31	膜翅目 Hymenoptera	105	8764	127064	11491675	[36, 109-115]
	总计	1208	104344	1033635	106387805	[116-117]

高等植物狭窄,为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)。

## 1.2 基础地理单元划分及构建数据库

将目标研究区域分成若干基础地理单元(basic geographical unit, BGU),作为聚类分析和地理区划的基础。划分BGU的方法通常有按照经纬度和生态条件两类方法<sup>[27]</sup>。前者追求的是小区面积的相对一致,利于数据的直观比较,但不便于分析;后者追求的是小区间生态条件的独立,利于分析目的的实现。划分BGU的数量原则上是越细越好,但受分布记录详略程度的制约。本研究根据地形、气候等生态条件和昆虫分布资料的详略程度,把全球陆地(除南极洲)划分为67个基础地理单元(图1)。分别以平原、丘陵、山地、高原、沙漠、岛屿为主要地貌特点。有27个BGU处在热带,34个BGU地处温带,6个BGU的地域跨入寒带。当然,这不是唯一的划分,也不一定是最优的划分,每个研究者都可以根据具体情况确定自己的划分数量<sup>[118]</sup>,对最后结果没有显著影响。

用微软 Access 构建数据库,将各个BGU作为

各列,将各BBU作为各行。将一个属的行政区域分布记录或经纬度分布记录转化为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 record, BDR)将是定量分析的基础材料。世界昆虫在各个BGU的分布属数见表2。各个BGU的昆虫属数互不相同,它们之间的共有属数及独有属数也不相同,每个BGU依赖自己的独有属数标志其独立性,依赖共有属数发挥聚类作用。显然,22号、58号、04号等BGU将会在聚类中居于核心地位。平均每属分布的BGU数(BDR/BGU)为2.39,这是衡量分布域宽窄的宏观指标。根据分析实践,若低于1.5,将得不到理想的聚类结果,应减少BGU的数量或提高生物分类阶元;若高于10.0,将得不到精细的聚类结果,应增多BGU数量或降低生物分类阶元进一步尝试。

## 1.3 聚类分析方法

本研究提出的SGF与以前所有相似性公式的根本区别是摆脱了二元比较的束缚。此前的公式都是只能计算两个地区间的相似性系数,而SGF能够直接计算任意多个地区的相似性系数。SGF的定义是:多个地区之间的相似性系数是参加分析

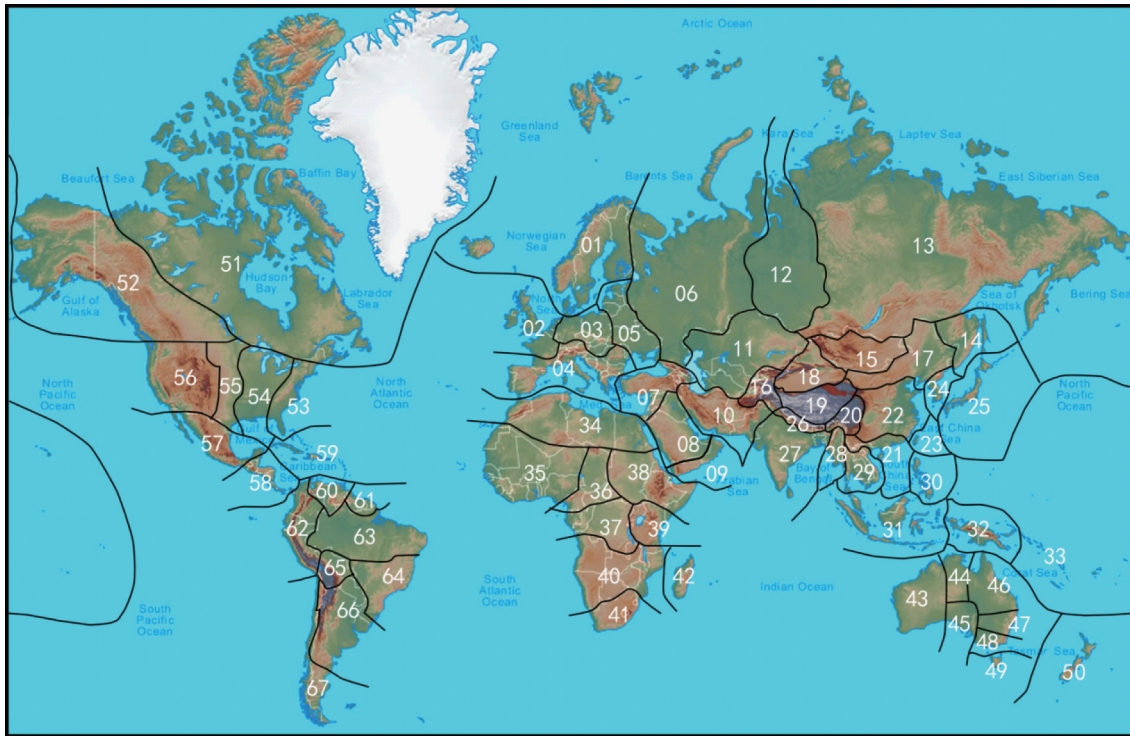


图1 世界基础地理单元的划分

01: 北欧; 02: 西欧; 03: 中欧; 04: 南欧; 05: 东欧; 06: 俄罗斯欧洲地区; 07: 中东; 08: 沙特阿拉伯; 09: 也门与阿曼; 10: 伊朗高原; 11: 中亚; 12: 西西伯利亚; 13: 东西伯利亚; 14: 乌苏里地区; 15: 蒙古; 16: 帕米尔高原; 17: 中国东北; 18: 中国西北; 19: 中国青藏地区; 20: 中国西南地区; 21: 华南地区; 22: 中国中东部; 23: 中国台湾; 24: 朝鲜半岛; 25: 日本; 26: 喜马拉雅地区; 27: 印度与斯里兰卡; 28: 缅甸; 29: 中南半岛; 30: 菲律宾; 31: 印度尼西亚; 32: 新几内亚; 33: 太平洋岛屿; 34: 北非; 35: 西非; 36: 中非; 37: 刚果河流域; 38: 埃塞阿比亚地区; 39: 坦桑尼亚地区; 40: 安哥拉地区; 41: 南非; 42: 马达加斯加; 43: 西澳大利亚; 44: 澳大利亚北部地区; 45: 南澳大利亚; 46: 昆士兰; 47: 新南威尔士; 48: 维多利亚; 49: 塔斯马尼亚; 50: 新西兰; 51: 加拿大东部; 52: 加拿大西部; 53: 美国东部山地; 54: 美国中部平原; 55: 美国中部丘陵; 56: 美国西部山地; 57: 墨西哥; 58: 中美地区; 59: 加勒比海岛屿; 60: 委内瑞拉; 61: 圭亚那高原; 62: 安第斯山脉北段; 63: 亚马孙平原; 64: 巴西高原; 65: 玻利维亚; 66: 阿根廷; 67: 安第斯山脉南段

表2 各基础地理单元的昆虫属数

基础地理单元	属数	基础地理单元	属数	基础地理单元	属数	基础地理	属数
01	5116	19	2223	37	2976	55	4229
02	6047	20	5340	38	1559	56	6238
03	5882	21	7058	39	3796	57	7518
04	7515	22	9567	40	3324	58	8656
05	2469	23	7477	41	4210	59	2360
06	2030	24	1404	42	3159	60	2666
07	3002	25	5213	43	2825	61	2544
08	956	26	2379	44	2009	62	6015
09	956	27	4911	45	1599	63	4220
10	2508	28	3179	46	5689	64	4502
11	2391	29	5256	47	5004	65	2514
12	1378	30	2817	48	3417	66	3176
13	3920	31	6168	49	1919	67	1669

表2 各基础地理单元的昆虫属数(续)

基础地理单元	属数	基础地理单元	属数	基础地理单元	属数	基础地理	属数
14	2535	32	3379	50	1610	—	—
15	1164	33	2560	51	3677	BDR	249384
16	1142	34	2920	52	4328	BBU	104344
17	3923	35	3090	53	5830	BDR/BBU	2.39
18	1827	36	1915	54	4529	BDR/BGU	3722

的各个地区的共有种类的平均数占总种类的比例<sup>[40]</sup>

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

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。

本研究提出的 MSCA 法 是任何组群的相似性系数都用参与分析的 BGU 的原始数字直接计算<sup>[41]</sup>, 此前的聚类方法, 各个层级的相似性系数都由基层算起, 存在上下前后的依存关系, 基层一个系数的变动, 会一直影响到最高层, 呈现不可逆运算特点。而 MSCA 不受先行分析的相似性系数的影响, 也不受聚类顺序的限制。各个层级的相似性系数都是独立的, 不存在相互之间的依存关系, 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<sup>[118]</sup>。MSCA 法的总相似性系数、总相异性系数以及各个 BGU 的相似性贡献率、相异性贡献率等都是原来诸多聚类方法所没有的概念, 更无法计算的指标。该方法已在不同生物类群与不同地理区域中进行验证<sup>[119-126]</sup>。

MSCA 法可由程序 MSCA1.0 计算, 由于计算简便, 也可由手工计算。

## 2 结果

### 2.1 MSCA 聚类结果

104344 属昆虫分布状况的聚类结果见图 2。

67 个 BGU 的总相似性系数为 0.058, 在相似性水平 0.300 时, 聚成 a-t 共 20 个小单元群 (small unit crowd, SUC), 在相似性水平 0.200 时, 又聚成 A-G 共 7 个大单元群 (large unit crowd, LUC)。检查这些单元群的构成及特点, 符合各有关学科的原则要求。

1) 层次原则: 统计学的要求。要求参与分析的 BGU 形成具有层次结构的聚类图, 以便在同一

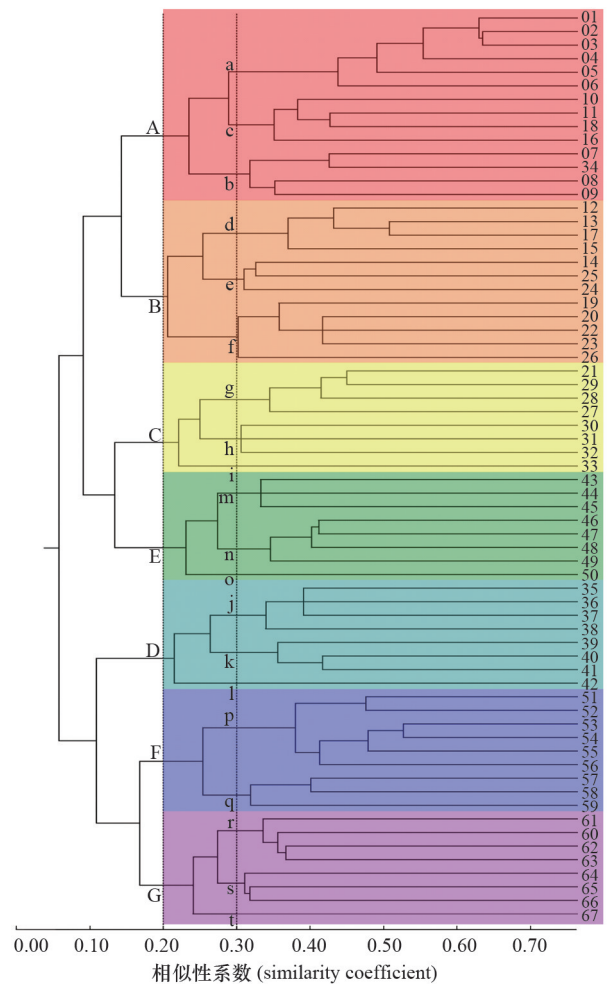


图2 世界 104344 属昆虫的聚类结果

水平线上区分各个单元群,并且使群内的相似性水平高于群间的相似性。

2) 相邻原则:地理学的要求。聚类所形成的大、小单元群,其组成BGU都必须相邻相连,既没有“飞地”现象,也没有无法聚类的“噪音”出现。

3) 差异原则:生态学的要求。所形成的各个单元群必须准确体现生态学差异。各个大单元群都是相对独立的、环境条件各异的大陆块,各个小单元群都是各具特色的生态区域。如A大群下辖a、b、c小群,各由6、4、4个BGU组成,分别是欧洲温带海洋性气候、地中海沿岸的地中海型气候、中亚大陆性气候3种生态类型。D大群的3个小群分别是非洲的平原沙漠、高山高原、岛屿3种生态类型。E大群的3个小群也分别是澳大利亚西部平原沙漠大陆性气候、东部山地森林热带海洋性气候及新西兰山地温带海洋性气候。

4) 特有原则:生物学的要求。各个大单元群与小单元群的昆虫都有相当比例的、独具特色的特有类群(表3),而且每个大单元群都有自己的核心区域,核心区域依赖自己较多的昆虫类群发挥聚集力量,也依赖自己的特有类群标志与别群的区别。

## 2.2 世界昆虫地理区划方案

根据MSCA的聚类结果,将世界陆地分为7个“界”和20个“亚界”(图3)。参考现行动物地理区划和植物地理区划的名称,拟定世界昆虫地理区划方案。

1) 西古北界:包括欧洲、北非、阿拉伯半岛、中亚、帕米尔高原、中国西北等地,相当于动物区划的古北界西半部。总面积约 $2887 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。有昆虫29目729科12507属,缺少螳螂目和缺翅目。和其他界相比,生物丰富度中等,特有性偏低。下辖欧洲亚界、地中海亚界、中亚亚界。以欧洲亚界丰富度高,其核心区域为南欧地区,相似性贡献率为3.03%。

2) 东古北界:以鄂毕河、帕米尔高原东沿与西古北界为邻,包括北亚、东北亚、东亚等地,大体相当于古北界的东半部。总面积 $2312 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。有昆虫30目735科16347属,缺少螳螂目。丰富度高,特有性最低。昆虫区系与西古北界、印度—太

表3 各单元群的昆虫区系

大单元群	小单元群	基础地理单元数	属数	特有属	百分比/%
A		14	12507	3898	31.17
	a	6	9919	2020	20.36
	b	4	4510	483	10.71
	c	4	4228	447	10.57
B		12	16347	4292	26.26
	d	4	5504	191	3.47
	e	3	6008	634	10.55
	f	5	13829	2726	19.71
C		8	15707	5845	37.21
	g	4	10908	1708	15.66
	h	3	8177	2406	30.52
D		1	2560	610	23.83
	j	4	5117	1331	26.01
	k	3	6958	2242	32.22
E		1	3159	1200	37.99
	m	3	4055	593	14.62
	n	4	8547	2958	34.61
F		1	1610	627	38.94
	o	3	4055	593	14.62
	p	6	10972	2314	21.09
G		3	12088	3282	27.15
	q	3	12088	3282	27.15
	r	4	8302	1946	23.44
G		8	11464	5039	43.95
	s	3	6695	1317	19.67
	t	1	1669	487	29.18

平洋界密切,与新北界中等。下辖西伯利亚亚界、东北亚亚界、中国亚界。以中国亚界丰富度最高,在20个亚界中也居首位。其核心区域为中国中东部,相似性贡献率为3.89%,高居各BGU之首。

3) 印度—太平洋界:以喜马拉雅地区南沿、云贵高原南沿、南岭北沿与东古北界为邻,以印度大沙漠西沿与西古北界接壤。包括南亚、东南亚、新几内亚岛、太平洋岛屿等地,相当于植物地理区划新设的印度—太平洋界<sup>[27]</sup>。总面积 $870 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。有昆虫29目632科15707属,缺少蚤蠊目和螳螂目。丰富度高,特有性中等。区系相似性与东古北

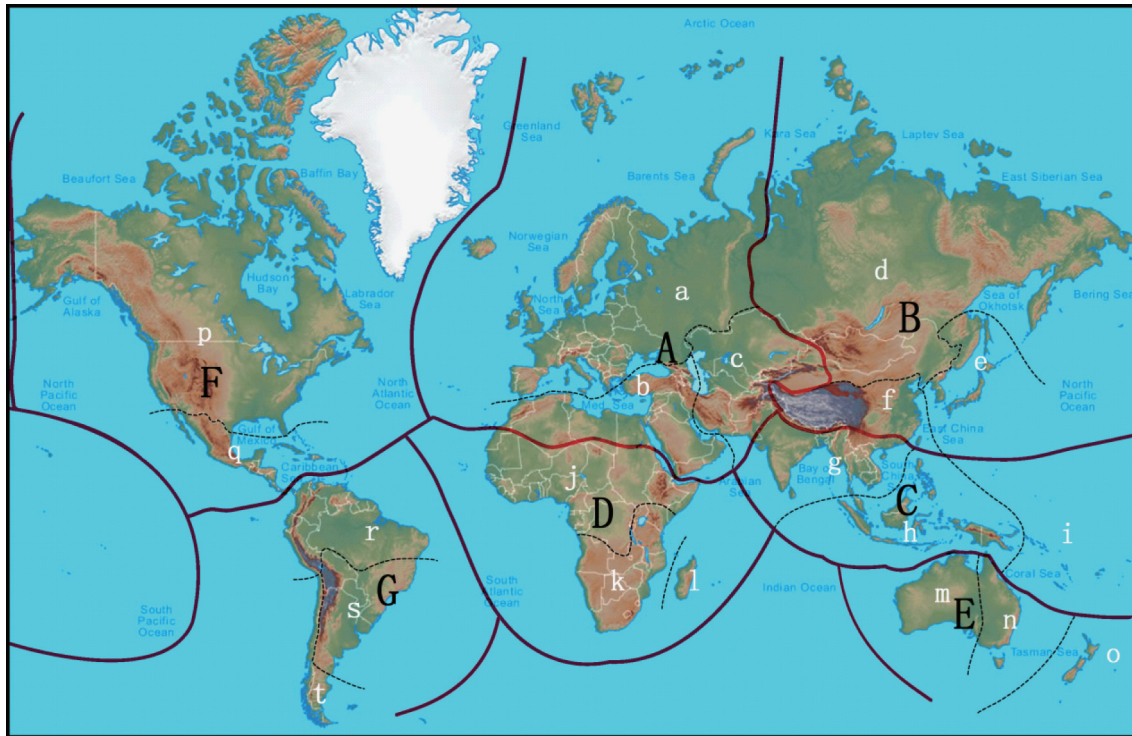


图3 世界昆虫地理区划方案

A: 西古北界 West Palearctic Kingdom; B: 东古北界 East Palearctic Kingdom; C: 印度—太平洋界 Indo-Pacific Kingdom; D: 非洲界 Afrotropical Kingdom; E: 澳大利亚界 Australian Kingdom; F: 新北界 Nearctic Kingdom; G: 新热带界 Neotropical Kingdom.  
 a: 欧洲亚界 European Subkingdom; b: 地中海亚界 Mediterranean Subkingdom; c: 中亚亚界 Centre Asian Subkingdom; d: 西伯利亚亚界 Siberian Subkingdom; e: 东北亚亚界 Northeast Asian Subkingdom; f: 中国亚界 Chinese Subkingdom; g: 南亚亚界 South Asian Subkingdom; h: 印度尼西亚亚界 Indonesian Subkingdom; i: 太平洋亚界 Pacific Subkingdom; j: 中非亚界 Centre African Subkingdom; k: 南非亚界 Southern African Subkingdom; l: 马达加斯加亚界 Madagascan Subkingdom; m: 西澳大利亚亚界 Western Australian Subkingdom; n: 东澳大利亚亚界 Eastern Australian Subkingdom; o: 新西兰亚界 New Zealander Subkingdom; p: 北美亚界 North American Subkingdom; q: 中美亚界 Centre American Subkingdom; r: 亚马孙亚界 Amazonian Subkingdom; s: 阿根廷亚界 Argentine Subkingdom; t: 智利亚界 Chilean Subkingdom

界及澳大利亚界的关系密切。下辖南亚亚界、印度尼西亚亚界、太平洋亚界。丰富度以南亚亚界高, 特有性以印度尼西亚亚界高。其核心区域为印度尼西亚地区, 相似性贡献率为 2.24%。

4) 非洲界: 以撒哈拉大沙漠北沿与西古北界为邻, 包括除北非外的非洲大陆及岛屿, 与动物地理区划的非洲界及植物地理区划新设的非洲界<sup>[127]</sup>基本相同。总面积  $2470 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。有昆虫 27 目 633 科 10690 属, 缺少石蛎目、衣鱼目、蚤蠊目、蛇蛉目。物种丰富度较低, 特有性最高。下辖中非亚界、南非亚界、马达加斯加亚界。丰富度以南非亚界为高, 特有性以马达加斯加亚界高。其核心区域为南非地区, 相似性贡献率 1.49%。

5) 澳大利亚界: 与其他界没有陆地的连接, 包括澳大利亚大陆、塔斯马尼亚岛、新西兰及周边岛屿。小于动物区划的澳洲界, 相当于植物区划新调整后的澳大利亚界, 总面积  $795 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。有昆虫 27 目 685 科 10393 属, 缺少蚤蠊目、螳螂目、缺翅目、蛇蛉目。物种丰富度最低, 但特有性突出。下辖西澳大利亚亚界、东澳大利亚亚界、新西兰亚界。丰富度以东澳大利亚亚界为高, 特有性以新西兰亚界最高, 在 20 个亚界中也居首位。其核心区域为昆士兰地区, 相似性贡献率 2.13%。

6) 新北界: 包括北美、中美、加勒比海岛屿等地。相当于北美洲地域。总面积  $2422 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。有昆虫 30 目 826 科 17682 属, 缺少螳螂目。丰富度

最高,特有性中等。本界与南美关系远远密切于与欧亚大陆的关系。下辖北美亚界、中美亚界。丰富度两亚界均较高。其核心区域为中美地区,相似性贡献率3.07%。

7) 新热带界:相当于南美洲地域。总面积 $1797 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。有昆虫28目627科11464属,缺少蚤蠊目、螳螂目、蛇蛉目。丰富度及特有性均属中等。下辖亚马孙亚界、阿根廷亚界、智利亚界。其核心区域为安第斯山脉北段,相似性贡献率为2.30%。

### 3 结论

提出了全球昆虫地理区划方案。它改变了长期借用或套用高等动物地理区划的方式。它支持由定性方法制定的动植物地理区划方案<sup>[2,3,33-39,127]</sup>的合理内核,但更均衡、更精准;它承继此前由定量方法制定的区划方案<sup>[20-26]</sup>的科学理念,但更合理、更稳定、更符合各相关学科的要求。可供昆虫学界同仁试用与订正。

本研究与同样用MSCA法对世界脊索动物、双子叶植物、子囊菌进行分析,得到大同小异甚至几乎一致的结果<sup>[128-131]</sup>。脊索动物聚类结果为7个大单元群19个小单元群,由于澳大利亚各BGU相似性较高,提前于水平线前聚合,减少一个小群,另有5个BGU在不同群间移动,但不违背地理学原则;双子叶植物为7个大群20个小群,大群组成与昆虫结果相同,只有3个BGU在小群间移动,也不违背地理学原则;子囊菌聚类为7个大群,其组成与昆虫7界相同。这种大同小异的聚类结果将预示着世界动物、植物、微生物分布格局的同质性,这不仅能够证实人们对动植物区划系统一致性的预期<sup>[5]</sup>,也揭示出建立统一的世界生物地理区划系统的可能性。

#### 参考文献(References)

- [1] Buffon C. Histoire natyrelle[M]. Paris: Academic Francaise, 1761.
- [2] Sclater P L. On the general geographical distribution of the members of the class Aves[J]. Journal Proceeding Linnaean Society of Zoology, 1858(2): 130-145.
- [3] Wallace A R. The geographical distribution of animals [M]. London: Macmillan, 1876.
- [4] Darlington P J. Zoogeography[M]. London: Chapman & Hall, 1957.
- [5] Cox C B, Moore P D. Biogeography: An ecological and evolutionary approach(Seventh edition)[M]. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2005.
- [6] Weber M. Der Indo-Australische Archipel und die geschichte seiner tierwelt[M]. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1902.
- [7] Mayr E. Wallace's Line in the light of recent zoogeographic studies[J]. Quarterly Review of Biology, 1944(19): 1-14.
- [8] Simpson G G. Too many lines: The limits of the oriental and Australian zoogeographic regions[J]. Proceeding American Philosophy Society, 1977(121): 107-120.
- [9] Whittaker R J, Riddle B R, Hawkins B A, et al. The geographical distribution of life and the problem of regionalization: 100 years after Alfred Russel Wallace[J]. Journal of Biogeography, 2013(40): 2209-2214.
- [10] Jaccard P. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura[J]. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, 1901(37): 547-579.
- [11] Czekanowski J. Zarys method statystycznych zastosowaniu do Antropologii[M]. Warszawa: Towarzystwo Naukowe Warszawskie, 1913.
- [12] Szymkiewicz D. Une contribution statistique a la geographie floristique[J]. Acta Societatic Botanicorum Poloniae, 1934(11): 3.
- [13] Simpson G G. Mammals and the nature continents[J]. American Jouenal of Science, 1943(241): 1-31.
- [14] Sørensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species centent and its application to analysis of the vegetation on Danish commons[J]. Biologiske Skrifter, 1948, 5(4): 1-34.
- [15] Socal R R, Michener C D. A statistical method for evaluating systematic relationship[J]. University Kansas Science Bulletin, 1958(38): 1409-1438.
- [16] Ward J H. Heirarchical grouping to optimise an objective function[J]. Journal of the American Statistical Asso-

- ciation, 1963(58): 236–244.
- [17] Kruskal J B. Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method[J]. *Psychometrika*, 1964(29): 115–129.
- [18] Mantel N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach[J]. *Cancer Research*, 1967(27): 209.
- [19] Smith C H. A system of world mammal faunal regions. I. Logical and statistical derivation of the regions[J]. *Journal of Biogeography*, 1983(10): 455–466.
- [20] Olson D M, Dinerstein E, Wikramanayake E D, et al. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity[J]. *Bioscience*, 2001, 51(11): 933–938.
- [21] Procheş Ş. The world's biogeographical regions: Cluster analyses based on bat distributions[J]. *Journal of Biogeography*, 2005, 32: 607–614.
- [22] Kreft H, Jetz W. A framework for delineating biogeographical regions based on species distributions[J]. *Journal of Biogeography*, 2010, 37: 2029–2053.
- [23] Procheş Ş, Ramdhani S. The world's zoogeographical regions confirmed by cross-taxon analyses[J]. *Bioscience*, 2012(62): 260–270.
- [24] Holt B G, Lessard J P, Borregaard M K, et al. An update of Wallace's zoogeographic regions of the world[J]. *Science*, 2013(339): 74–78.
- [25] Rueda M, Rodríguez M Á, Hawkins B A. Identifying global zoogeographical regions: Lessons from Wallace[J]. *Journal of Biogeography*, 2013(40): 2215–2225.
- [26] Escalante T. A natural regionalization of the world based on primary biogeographic homology of terrestrial mammals[J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2017(120): 349–362.
- [27] Morrone J J. The spectre of biogeographical regionalization[J]. *Journal of Biogeography*, 2018, 45(2): 282–288.
- [28] Gressitt J L. Zoogeography of insects[J]. *Annual Review Entomology*, 1958(3): 207–230.
- [29] Gressitt J L. Insect geography[J]. *Annual Review Entomology*, 1974(19): 293–321.
- [30] Munroe E. Zoogeography of insect and allied groups[J]. *Annual Review Entomology*, 1965(10): 325–344.
- [31] Holloway J D, Jardine N. Two approaches to zoogeography: A study based on the distributions of butterflies, birds and bats in the Indo–Australian area[J]. *Proceeding Linnaean Society of London*, 1968(179): 153–188.
- [32] Paulian R. Le zoogeographie de Madagascar et des iles voisines. Faune de Madagascar, XIII[M]. Tananarive–Tsimbazaza: Institute Recherche Science, 1961.
- [33] de Moor F C, Ivanov V D. Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta) in freshwater[J]. *Hydrobiologia*, 2008(595): 393–407.
- [34] Morse J C, Barnard P C, Holzenthal K W, et al. Trichoptera world checklist[EB/OL]. (2015–10–12)[2020–02–10]. <http://www.entweb.clemson.edu/database/trichopt/index.htm>.
- [35] Vashchonok V, Medvedev S. Fleas(Siphonaptera) [EB/OL]. (2016–05–20)[2020–02–10]. <http://www.zin.ru/Animalia/Siphonaptera>.
- [36] Bolton B. A new general catalogue of the ants of the world[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1995.
- [37] Herman L H, Ales S. Catalog of the Staphylinidae(Insecta: Coleoptera), 1758 to the end of the Second Millennium[M]. Washington: Bulletin of the American Museum of Natural History, 2001, 265.
- [38] Taeger A, Blank S M, Liston A D. World catalog of Symphyta (Hymenoptera) [J]. *Zootaxa*, 2010(2580): 1–1064.
- [39] Evans G A. The Whiteflies(Hemiptera: Aleyrodidae) of the world and their host plants and natural enemies[EB/OL]. (2016–07–15)[2020–02–10]. <http://keys.lucidcentral.org/keys/y3>.
- [40] 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.
- [41] 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): 849–854.
- [42] GBIF. Achaeognatha[EB/OL]. (2014–12–15)[2020–02–10]. <http://gbif.org/species/1187>.
- [43] GBIF. Zygentoma[EB/OL]. (2014–12–18)[2020–02–10]. <http://gbif.org/species/1004>.
- [44] Barber–James H, Sartor M, Gattolliat J L, et al. World checklist of freshwater Ephemeroptera species[EB/OL]. (2016–06–25)[2020–02–10]. <http://www.fada.biodiversity.be/group/show/35>.
- [45] Schorr M, Paulson D. World odonata list[EB/OL]. (2016–07–20)[2020–02–10]. <http://www.pugetsound.edu>.
- [46] Schlita P Z. Insecta: Plecoptera[M]. Berlin: Walter de Gruyter, 1973.
- [47] Beccdloni G, Eades D C, Hopkings H. Cockroach species file. Version 5.0/5.0[EB/OL]. (2017–01–10)[2020–02–10]. <http://blattodea.speciesFile.org>.

- [48] Krishna K, Grimaldi D A, Krishna V, et al. Treatise on the Isoptera of the world. Vol. 1- 7[M]. Washington: American Museum of Natural History, 2013.
- [49] Otte D, Spearman L, Stiewe M B D, et al. Mantodea species file. Version 5.0/5.0[EB/OL]. (2017-02-15)[2020-02-10]. <http://www.mantodea.speciesFile.org>.
- [50] Eades D C. Polyneoptera Species File. Version 5.0/5.0 [EB/OL]. (2017-02-25)[2020-02-10]. <http://www.polyneopteraFile.org>.
- [51] Deem L S, Hopkins H, Maehr M D, et al. Germaptera species file. Version 5.0/5.0[EB/OL]. (2017-03-10)[2020-02-10]. <http://www.dermaptera.speciesFile.org>.
- [52] Yin X C, Shi J P, Yin Z. A synonymic catalogue of grasshoppers and their allies of the world(Orthoptera: Caelifera)[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1996.
- [53] Eades D C, Otte D, Cigliano M M, et al. Orthoptera species file. Version 5.0/5.0[EB/OL]. (2017-06-15)[2020-02-10]. <http://orthoptera.speciesFile.org>.
- [54] GBIF. Orthoptera[EB/OL]. (2015-02-20)[2020-02-10]. <http://gbif.org/species/1458>.
- [55] Brock P B, Eades D C, Otte D, et al. Phasmida species file. Version 5.0/5.0[EB/OL]. (2016-08-21)[2020-02-10]. <http://phasmida.speciesFile.org>.
- [56] Maehr M D, Eades D C. Embioptera species file. Version 5.0/5.0[EB/OL]. (2016-09-05)[2020-02-10]. <http://embiptera.speciesFile.org>.
- [57] Hubbard M D. A catalog of the order Zoraptera(Insecta) [J]. *Insecta Mundi*, 1990(4): 49-66.
- [58] Lienhard C, Smithers C N. Psocoptera(Insecta)- World catalogue and bibliography[M]. Geneva: Natural History Museum of the City of Geneva, 2002.
- [59] Johnson K P, Smith Y S, Eades D C. Psocoptera species file. Version 5.0/5.0[EB/OL]. (2016-03-25)[2020-02-10]. <http://psocoptera.speciesFile.org>.
- [60] Piekering J. Discover life: Mallophaga[EB/OL]. (2016-01-15)[2020-02-10]. <http://www.discoverlife.org/mp>.
- [61] Gustafsson D R, Bush S E. Morphological revision of the hyperdiverse Brueelia-complex(Insecta: Phthiraptera: Ischnocera: Philopteridae) with new taxa, checklists and generic key[J]. *Zootaxa*, 2017(4313): 1-443.
- [62] Durden L A, Musser G G. The sucking Lice (Insecta: Anoplura) of the world: A taxonomic checklist with records of mammalian host and geographical distributions [M]. Washington: American Museum of Natural History, 1994.
- [63] Lehtinen I, Mound L. Thripswiki[EB/OL]. (2015-10-20)[2020-02-10]. <http://www.thrips.info/wiki>.
- [64] Usinger R L. Monograph of cimicidae Vol.VII[M]. Maryland: Entomological Society of America, 1966.
- [65] McKamey S H. Checklist of Leafhopper species 1758-1955(Hemiptera: Membracoidea: Cicadellidae and Mysserslopiidae) [EB/OL]. (2015-08-25)[2020-02-10]. <http://www.sel.barc.usda.gov/selhome/leafhoppers>.
- [66] Maddison D R. Hemiptera[EB/OL]. (2015-05-23)[2020-02-10]. <http://tolweb.org/Hemiptera/8239>.
- [67] Volpi L N, Coscaron M D C. Catalog of Nabidae (Hemiptera : Heteroptera) of the Naotropical region[J]. *Zootaxa*, 2010(2513): 50.
- [68] Schun R T. On-line syatematic catalog of plant bugs (Insecta: Heteroptera: Miridae) [EB/OL]. (2016-03-25)[2020-02-10]. <http://research.amnh.org/catalog>.
- [69] Webb M, Livermore L, Lemaitre V, et al. Coreoidea species file. Version 5.0/5.0[EB/OL]. (2017-03-05)[2020-02-10]. <http://coreoidea.speciesFile.org>.
- [70] GBIF. Hemiptera[EB/OL]. (2015-05-10)[2020-02-10]. <http://gbif.org/species/809>.
- [71] Ghahari H, Moulet P, Ostovan H. An annotated catalog of the Iranian Cimicidae and Largidae (Hemiptera : Heteroptera) and in memorium call walter schaefer(1934-2015)[J]. *Zootaxa*, 2016(4111): 194-200.
- [72] Oswald J D. Neuropterid species of the world[EB/OL]. (2017-10-25)[2020-02-10]. <http://lacewing.tamu.edu/Downloads>.
- [73] Alonso-Zarazaga M A, Lyal C H C. A world catalogue of families and genera of Curculionioidea (Insecta: Coleoptera)[M]. Barcelona: Entomopraxis, 1999.
- [74] Iwan D. Catalogue of the world Platynotini (Coleoptera: Tenebrionidae)[J]. *Genus*, 2002(13): 219-323.
- [75] Staines C L. Catalog of the Hispines of the World (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae)[EB/OL]. (2017-08-20)[2020-02-10]. <http://entomology.si.edu>.
- [76] Bezark L G, Monné M A. Checklist of the Oxypeltidae, Vesperidae, Disteniidae and Cerambycidae (Coleoptera) of the western hemisphere[EB/OL]. (2017-03-05)[2020-02-10]. <http://plant.cdfa.ca.gov/bycidb/default>.
- [77] Nilsson A N. A world catalogue of the family Dytiscidae of the Diving Beetles(Coleoptera, Adephaga). Version 1.1 [EB/OL]. (2017-04-20)[2020-02-10]. <http://www2.emg.umu.se/projects/biginst>.

- [78] Roguet J P. Lamioires du monde[EB/OL]. (2017-05-15) [2020-02-10]. <http://lamiinae.org>.
- [79] GBIF. Coleoptera[EB/OL]. (2015-01-10)[2020-02-10]. <http://gbif.org/species/1470>.
- [80] Kathirithamby J. Partial list of Atrepsiptera species[EB/OL]. (2017-09-20) [2020-02-10]. <http://tolweb.org/notes>.
- [81] Penny N D. World checklist of extant Mecoptera species [EB/OL]. (2017-10-17) [2020-02-10]. <http://www.researcharchive.calacademy.org/research/entomology>.
- [82] Knight K L, Stone A. A catalog of the Mosquitoes of the world(Diptera: Culicidae) [M]. Maryland: Entomological Society of America, 1977.
- [83] Rohacek J, Marshall S A, Norrbom A L, et al. World catalog of Sphaeroceridae(Diptera)[M]. Opava: Slezsk Zemsk Muzeum, 2001.
- [84] Evenhuis N L. Catalog of the Mythicomyiidae of the world (Insect: Diptera)[M]. Hawaii: Bishop Museum Press, 2002.
- [85] Evenhuis N L. Catalog of the Diptera of the Australasian and Oceanian regions[EB/OL]. (2016-12-05)[2020-02-10]. <http://hbs.bishopmuseum.org>.
- [86] Evenhuis N L, Greathead D J. World catalog of Bee Flies (Diptera: Bombyliidae) [EB/OL]. (2016-12-10) [2020-02-10]. <http://www.hbs.bishopmuseum.org/bombcat>.
- [87] Dousti A F, Hayat R. A catalogue of the Syrphidae(Insect: Diptera) of Iran[J]. Journal Entomological Research Society, 2006, 8(3): 5-38.
- [88] Yang D, Zhang K Y, Yao G, et al. World catalog of Empididae(Insecta: Diptera)[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2007.
- [89] Yang D, Zhu Y J, Wang M Q, et al. World catalog of Dolichopodidae(Insecta: Diptera)[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2006.
- [90] Munari L, Mathis W H. World catalog of the family Canacidae(including Tethinidae) (Diptera)[J]. Zootaxa, 2010 (2471): 1-81.
- [91] Gagne R J. Update for A catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the world[EB/OL]. (2015-03-12)[2020-02-10]. <http://www.ars.usda.gov/sp2>.
- [92] Mathis W N, Barraclough D A. World catalog and conspectus on the family Diastatidae(Diptera: Schizophora) [J]. Myia, 2011(12): 235-266.
- [93] Gaimari S D, Mathis W N. World catalog and conspectus on the family Odiniidae(Diptera:Schizophora)[J]. Myia, 2011(12): 291-339.
- [94] Spring S. Catalog of subfamily Phlebotominae[EB/OL]. (2015-04-15)[2020-02-10]. <http://sandflycatalog.org>.
- [95] Borkent A. World Species of biting midges(Diptera: Ceratopogonidae)[EB/OL]. (2015-06-20)[2020-02-10]. <http://inhs.illinois.edu/files>.
- [96] Adler P H, Crossker R W. World Blackflies(Diptera: Simuliidae)[EB/OL]. (2015-06-25)[2020-02-10]. <http://clemson.edu>.
- [97] GBIF. Diptera[EB/OL]. (2015-01-15) [2020-02-10]. <http://gbif.org/species/811>.
- [98] O'Hara J E. World genera of the Tachinidae(Diptera) and their regional occurrence[EB/OL]. (2017-02-25) [2020-02-10]. <http://www.nadsdiptera.org/Tach/worldTachs/genera>.
- [99] Brooks S E, Cumming J M. Revision of the Nearctic Parathalassius Mik(Diptera: Dolichopodidae: Parathalassinae), with a review of the world fauna[J]. Zootaxa, 2017(4314): 1-64. <http://www.mapress.com/jzt/article/view/zootaxa.4313.1.1>.
- [100] Fasbender A, Courtney G W. A revision of Bittacomorphinae with a review of the monophyly of extant subfamilies of Ptychopteridae (Diptera)[J]. Zootaxa, 2017 (4309): 1-69.
- [101] Smit F G A M. Handbooks for the identification of British insects. Vol.1 Part 16 Siphonaptera[M]. London: Royal Entomological Society of London, 1957.
- [102] Poole R W. Lepidopterorum catalogus. Fascicle 118 Noctuidae[M]. New York: Flora & Fauna Publications, 1989.
- [103] Kitching I J, Cadiou J M. Hawkmoths of the world[M]. Ithaca: Lodon & Cornell University Press, 2000.
- [104] Prins W D, Prins J D. World catalogue of insects. Volume 6 Gracillariidae (Lepidoptera)[M]. Stenstrup: Apollo Books, Denmark, 2005.
- [105] Brown J W. World catalogue of insects. Volume 5 Tortricidae (Lepidoptera) [M]. Stenstrup: Apollo Books, Denmark, 2005.
- [106] Sobezyk T. World Catalogue of Insects 10. Psychidae (Lepidoptera) [M]. Stenstrup: Apollo Books, Denmark, 2011.
- [107] Pelham J P. A catalogue of the butterflies of the United States and Canada[EB/OL]. (2016-12-15)[2020-02-10]. <http://butterfliesofamerica.com>.
- [108] GBIF. Lepidoptera[EB/OL]. (2015-07-20)[2020-02-

- 10]. <http://gbif.org/species/797>.
- [109] Krombein K V, Hurd P D, Smith D R, et al. Catalog of the Hymenoptera in America north of Mexico. Vol. 1-3 [M]. Washington: Smithsonian Institution Press, 1979.
- [110] Heraty J M. A revision of the genera of Eucharitidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of the world[M]. Maryland: American Entomological Institute, 2002.
- [111] Noort S, Rasplus J Y. Classification of fig wasps[EB/OL]. (2015-11-10)[2020-02-10]. <http://www.figweb.org>.
- [112] Ascher J, Pickering J. Bee species and checklist(Hymenoptera: Apoidea)[EB/OL]. (2015-11-15)[2020-02-10]. <http://www.discoverlife.org>.
- [113] GBIF. Hymenoptera[EB/OL]. (2015-10-05)[2020-02-10]. <http://gbif.org/species/1457>.
- [114] Jahantigh F, Rakhshani E, Mokhtari A, et al. Catalogue of Ampulicidae, Crabronidae and Sphecidae of Iran(Hymenoptera, Apoidea) [J]. Zootaxa, 2017(4307): 1-96. <http://www.mapress.com/jzt/article/view/zootaxa.4302.1.1>.
- [115] Liston A D, Heibo E, Prous M, et al. North European gall-inducing Euura sawflies(Hymenoptera, Tenthredinidae, Nematinae)[J]. Zootaxa, 2017(4302): 1-115.
- [116] Balian E V, Leveque C, Segers H, et al. Freshwater animal diversity assessment[J]. Hydrobiologia, 2008(595): 1-637.
- [117] Footitt R G, Adler P H. Insect biodiversity[M]. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2009.
- [118] 申效诚. 中国昆虫地理[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2015.
- [119] 刘新涛, 刘晓光, 申琪, 等. 合并与不合并——相似性聚类分析方法的比较[J]. 生态学报, 2013, 33(11): 3480-3487.
- [120] 申琪. 中国医学昆虫的多元相似性聚类分析[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2014(21): 165-171.
- [121] 申效诚, 张书杰, 任应党. 中国昆虫区系成分构成及分布特点[J]. 生命科学, 2009, 3(7): 19-25
- [122] 申效诚, 任应党, 王爱萍, 等. 河南昆虫、蜘蛛、蜚蠊地理分布的多元相似性聚类分析[J]. 生态学报, 2010(30): 4416-4426.
- [123] 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, 2010, 4(2): 35-40.
- [124] 申效诚, 刘新涛, 任应党, 等. 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): 896-906.
- [125] 申效诚, 张抱石, 张峰, 等. 世界蜘蛛的分布及多元相似性分析[J]. 生态学报, 2013(33): 6795-6802.
- [126] 申效诚, 任应党, 牛瑶. 河南昆虫志区系及分布[M]. 北京: 科学出版社. 2014.
- [127] Cox C B. The biogeographic regions reconsidered[J]. Journal of Biogeography, 2001(28): 511-523. .
- [128] 申效诚, 任应党, 申琪, 等. 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.
- [129] 申效诚, 任应党, 马晓静, 等. 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[J]. 植物学研究, 2018, 7(4): 405-417.
- [130] 申效诚, 任应党, 申琪, 等. 中国生物分布格局的同质性——生物地理区划研究之XI[J]. 自然科学, 2018, 6(4): 373-382.
- [131] 申琪, 马晓静, 任应党, 等. 世界昆虫主要生态类群的分布格局及其生态学意义——生物地理区划研究之XII[J]. 世界生态学, 2018, 7(3): 170-184.

## Clustering analysis and biogeographical division of the distribution of insects in the world

SHEN Xiaocheng<sup>1,2</sup>, LU Jiqi<sup>2</sup>, REN Yingdang<sup>1</sup>, SHEN Qi<sup>3</sup>, LIU Xintao<sup>1</sup>, YANG Linlin<sup>1</sup>

1. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China

2. The School of Life Sciences, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China

3. First Clinical College, Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China

**Abstract** The insect is the largest biota group in the world, but so far without its own geographical regionalization scheme. This paper quantitatively analyzes the distribution pattern of the world insects to work out a geographical regionalization scheme for worldwide insects. According to the topography, the climate and other ecological conditions, the continents of the world are divided into 67 basic geographic units (excluding Antarctica). Using our similarity general formula (SGF) and the multivariate similarity clustering analysis (MSCA) method, the distributional data of the total 31 orders 1208 families 104344 insect genera are analyzed. The clustering results of the MSCA method see distinct hierarchies. The level of similarity is 0.300 and 0.200, respectively, 67 BGUs are gathered into 20 small unit crowds and seven big unit crowds; The composition of each crowd is adjacent, with no "noise" and "enclaves"; the ecological environment conditions of each crowd are relatively independent of each other; and each crowd has its own endemic of the insect group. According to the clustering results of the MSCA, the first global insect geographical regionalization scheme is worked out, including seven kingdoms and 20 subkingdoms. The insect fauna characteristics of every kingdom and subkingdom are analyzed.

**Keywords** insect distribution; clustering analysis; biogeographical division ●



(责任编辑 徐丽娇)