

The Homogeneity of Distribution Pattern of Chinese Terrestrial Biota

—Biogeographical Regionalization Research XI

Xiaocheng Shen^{1,2*}, Yingdang Ren¹, Qi Shen³, Shujie Zhang², Xiaojing Ma¹, Linlin Yang¹, Guanghua Wang¹, Chaohong Feng¹

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

²College of Life Sciences, Zhengzhou University, Zhengzhou Henan

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

Email: *shenxiaoc@126.com

Received: Jul. 3rd, 2018; accepted: Jul. 13th, 2018; published: Jul. 20th, 2018

Abstract

The animal geographical regionalization scheme was formulated by zoologist, and plant geographical regionalization scheme was formulated by botanists. In order to compare the similarities and differences between them, the distributional data of 93,661 species terrestrial insect, 11,405 species woody plant, 603 species mammal in China were analyzed respectively using a new similarity general formula and a new multivariate similarity clustering analysis method. The clustering results not only meet the requirements of geography, statistics, ecology, biology, and also show a high degree of homogeneity among them. The whole nation can be divided into 9 same areas. Compared with the existing zooregionalization scheme and phytoregionalization scheme, only the biggest Central China is divided into three regions: east China, Jianghuai, and central China. Taiwan left south China region and gathered into the east China region. Inner Mongolia was clustered into the northeast region. The results of the analysis not only provide a practical basis for unified China biological geographical regionalization scheme, but also show the possibility of the homogeneity between the distribution pattern of global animal, plant and microorganism.

Keywords

Distribution Pattern, Clusterin Analysis, Homogeneity, Terrestrial Biota, Geographical Regionalization, China

中国生物分布格局的同质性

—生物地理区划研究之XI

申效诚^{1,2*}, 任应党¹, 申琪³, 张书杰², 马晓静¹, 杨琳琳¹, 王光华¹, 冯超红¹

*通讯作者。

文章引用: 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[J]. 自然科学, 2018, 6(4): 373-382. DOI: 10.12677/ojns.2018.64048

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

³河南中医药大学, 第一临床医学院, 河南 郑州

Email: shenxiaoc@126.com

收稿日期: 2018年7月3日; 录用日期: 2018年7月13日; 发布日期: 2018年7月20日

摘要

动物地理区划方案由动物学家制定, 植物地理区划方案由植物学家制定。为了比较二者之间的异同, 本文用新提出的相似性通用公式和多元相似性聚类分析法对中国陆生的93,661种昆虫、11,405种木本植物、603种哺乳动物的分布资料分别进行分析。不仅得到符合地理学、统计学、生态学、生物学要求的聚类结果, 而且三者之间表现出高度的同质性。全国均可以分为相同的9个分布区, 与现有动物区划方案、植物区划方案相比, 只将面积最大的华中区分为华东、江淮、华中3个区, 内蒙古、台湾的区划位置发生了变动。这种同质性的提出不仅为统一制定中国生物地理区划方案提供了切实依据, 而且也为世界各生物类群分布格局的同质性展现了可能性。

关键词

分布格局, 聚类分析, 同质性, 陆生生物, 地理区划, 中国

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

中国是世界上生物多样性最丰富地区之一。由于环境条件长期的、复杂的、综合的影响, 没有任何两种生物的分布区域完全相同, 也没有任何两个地区的生物种类完全相同。对它们分布格局的解析以及地理区域的划分是生物地理学的研究范畴。

中国生物地理学研究可以追溯至上世纪 20 年代, 但系统的、大规模的研究开始于 50 年代。郑作新、马世骏、吴征镒、张宏达、张荣祖等学者前辈创立了不朽的业绩。中国动物地理区划方案及中国植物地理区划方案一直为国人普遍接受并长期使用。特别是近 30 年来, 是我国生物地理研究的繁荣时期[1] [2] [3]。

但也无须讳言, 由于历史条件和科技发展水平的局限, 这些定性研究的结果, 不可避免地会在区域划分标准及边界线的确定上存在失衡之处。吴征镒、张荣祖在上世纪末到新世纪初, 也尝试用定量的方法分析中国植物、动物的分布格局, 但最后都放弃了对定量分析的使用[4] [5]。这种无奈而又决然的“放弃”既是对当时众多聚类方法在生物地理领域应用的总体评价, 也是对合理的新方法的渴望与呼唤。

我们对比、分析了各种聚类方法的特点, 突破二元比较的束缚, 提出了多元比较的相似性通用公式 (Similarity general formula, SGF) 及配套使用的多元相似性聚类分析法 (Multivariate similarity clustering analysis, MSCA) [6] [7], 并在不同地理范围、不同生物类群进行运用, 均得到符合地理学、统计学、生态学、生物学原则要求的分析结果[8]-[14]。本文将用 MSCA 法分析、比较中国生物主要类群分布格局的

异同。

2. 材料和方法

2.1. 生物类群

哺乳动物是进化程度最高的生物，昆虫是种类最多的生物，木本植物是生物量最大的生物，我们据以分析的类群数量如表 1，均占目前已知种类的 90%以上。

2.2. 基础地理单元划分

参照各省生物地理区划研究结果如[17]-[22]，按照地形、气候等生态条件以及生物分布记录的详略程度，将全国陆地分为数量不等的基础地理单元(Basic geographical unit, BGU)。昆虫、木本植物、哺乳动物分别为 64、70、68 个 BGUs。各个 BGU 的名称、对应位置以及生物种类数量如表 2。

用微软 Access 构建数据库，将各个 BGU 作为各列，将各个种类作为各行。将每种生物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 Records, BDR)将是定量分析的基础材料。

2.3. 聚类分析方法

目前生物地理所使用的系统聚类法(hierarchical clustering method)有多个相似性公式和多种聚类方法，比较常用的聚类方法有单链法(Single linkage method)，类平均法(Average group linkage method)，离差平方和法(Sum of squares method)。经过广泛比较[10] [12] [23] [24]，我们采用新提出的相似性通用公式(SGF)和多元相似性聚类分析法(MSCA)。

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[6]：

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

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。独有种类是本方法引入的新概念，它是在一组 BGU 比较时，一个 BGU 所独自拥有、其它 BGU 所没有的种类，显然，某个 BGU 的种类数量不变，在不同组群比较时，其独有种类数量是不同的，如 70#BGU 海南岛木本植物种类为 1936 种，在 65~70#共 6 个 BGU 比较时，独有种类是 437 种，而 70 个 BGU 比较时，则是 341 种。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 MSCA 是任何组群的相似性系数都用参与分析的 BGU 的原始数据直接计算[7]，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。即聚类各层次的相似性系数都是相互独立的，没有上下前后的依存关系。甚至可以最先计算 70 个 BGU 的总相似性系数(general similarity

Table 1. Biota species for this analysis

表 1. 供分析的生物物种

生物类群	科数	属数	种数	资料主要来源
木本植物	170	1174	11,405	[15]
哺乳动物	44	201	603	[16]
昆虫	823	17,018	93,661	[10]

Table 2. Species number of every basic geographical unit
表 2. 各基础地理单元的生物种类

昆虫		木本植物		哺乳动物	
基础地理单元	种类数	基础地理单元	种类数	基础地理单元	种类数
01 阿尔泰山	561	01 阿尔泰山	221	01 阿尔泰山	59
02 准噶尔盆地	1786	02 准噶尔盆地	241	02 准噶尔盆地	58
03 伊犁谷地	592	03 伊犁谷地	178	03 伊犁谷地	48
04 天山山脉	1367	04 天山山脉	261	04 天山山脉	72
05 塔里木盆地	852	05 塔里木盆地	103	05 塔里木盆地	54
06 吐鲁番盆地	490	06 吐鲁番盆地	141	06 吐鲁番盆地	32
07 大兴安岭	2274	07 大兴安岭	223	07 大兴安岭	64
08 呼伦贝尔	1483	08 呼伦贝尔	98	08 呼伦贝尔	54
09 锡林格勒	1768	09 锡林格勒	224	09 锡林格勒	61
10 三江地区	1169	10 三江地区	171	10 三江地区	74
11 东北平原	3796	11 东北平原	361	11 东北平原	77
12 长白山区	3744	12 长白山区	390	12 长白山区	67
13 坝上高原	2255	16 坝上高原	418	13 坝上高原	69
14 晋察冀山区	2391	17 晋察冀山区	455	14 晋察冀山区	73
15 五台山区	2169	18 五台山区	498	15 五台山区	57
16 鄂尔多斯	2589	13 鄂尔多斯	291	16 鄂尔多斯	73
17 贺兰山区	1667	14 贺兰山区	176	17 贺兰山区	30
18 阿拉善高原	2308	15 阿拉善高原	276	18 阿拉善高原	61
19 华北平原	3563	19 华北平原	276	19 华北平原	60
20 山东半岛	2034	20 山东半岛	389	20 山东半岛	36
21 太行山区	2501	21 太行山区	652	21 太行山区	52
22 晋中南	1851	22 晋中南	506	22 晋中南	61
23 陕中陇东	2819	23 陕中陇东	626	23 陕中陇东	92
24 陇中地区	2055	24 陇中地区	624	24 陇中地区	84
25 六盘山区	3148	25 六盘山区	279	25 六盘山区	33
26 祁连山区	1031	26 祁连山区	264	63 祁连山区	67
27 青海湖地区	1711	27 青海湖地区	485	64 青海湖地区	100
				65 黄河源	60
28 青藏高原	1910	28 青海高原	315	66 可可西里	58
				67 柴达木	56
		29 西藏高原	647	68 西藏高原	74
29 淮河平原	3009	30 黄淮平原	721	26 黄淮平原	62
30 苏北平原	804				
31 大别山区	3197	31 大别山区	1080	27 大别山区	50
32 桐柏山区	1744	32 桐柏山区	543		
33 宛襄盆地	1483	33 宛襄盆地	487	28 宛襄盆地	31
34 伏牛山区	5125	46 伏牛山区	1033	34 伏牛山区	52

Continued

35 秦岭山区	5030	47 秦岭山区	1175	35 秦岭山区	134
36 大巴山区	5780	48 大巴山区	1776	36 大巴山区	115
37 陇南山区	3809	49 陇南山区	1048	37 陇南山区	111
38 沪宁杭平原	4004	41 沪宁杭平原	842	38 沪宁杭平原	88
39 浙江山地	9010	42 浙江山地	1644	39 浙江山地	100
40 福建丘陵	10,320	43 武夷山区	1561	40 福建丘陵	110
41 台湾地区	20,352	44 福建丘陵	1490	41 台湾地区	105
42 鄱阳湖平原	3256	45 台湾地区	1231	42 鄱阳湖平原	73
43 赣南丘陵	2008	37 鄱阳湖平原	456	29 鄱阳湖平原	73
44 井冈山山区	4545	38 赣南丘陵	595	30 赣南丘陵	58
45 江汉平原	2527	39 幕阜山区	1293	31 井冈山山区	28
46 洞庭湖平原	1394	40 井冈山山区	1302	32 云梦平原	39
47 湘中丘陵	1838	34 江汉平原	470	33 湘中丘陵	65
48 武陵山区	9435	35 洞庭湖平原	453	42 恩施黔江	59
49 雷公山区	3636	36 湘中丘陵	904	43 梵净山区	99
50 云贵高原	5339	50 恩施黔江	2153	44 雷公山区	94
51 四川盆地	3772	51 梵净山区	2176	45 贵州高原	119
52 阿坝地区	2215	52 雷公山区	2092	50 云南高原	116
53 大凉山区	2256	53 贵州高原	2574	46 四川盆地	117
54 川西山区	5657	60 云南高原	1832	47 阿坝地区	130
55 丽江山区	4853	54 四川盆地	1432	49 大凉山区	102
56 墨脱地区	4835	55 阿坝地区	1373	48 甘孜昌都	78
57 无量山区	3942	57 大凉山区	2161	51 康定芒康	161
58 西双版纳	5633	56 川西山区	2436	52 丽江山区	175
59 桂西山区	1795	59 丽江山区	2581	53 墨脱地区	119
60 桂南山区	5414	58 墨脱地区	1880	54 无量山区	175
61 粤桂山区	3525	61 腾冲保山	2171	55 西双版纳	160
62 南岭山区	5226	62 瑞丽	1325	56 桂西山区	86
63 粤南沿海平原	2194	63 西双版纳	2216	57 桂南山区	128
64 海南	7914	64 滇东南	3431	58 粤桂山区	108
BDR	222,760	65 桂西山区	2413	59 南岭山区	94
全国	93,661	66 桂南山区	3184	60 珠三角	66
		67 粤桂山区	2279	61 粤东	43
		68 南岭山区	2883	62 海南	91
		69 粤南沿海平原	1885	BDR	5457
		70 海南	1936	全国	603
		BDR	76,306		
		全国	11,405		

coefficient, GSC)。以木本植物为例, 70 个 BGU 的 BDR 为 76,306, 共 11,405 种, 由查询页面可以看到 70 个 BGU 各自的独有种类数是 7、4、13、13、2 …… 53、341, 合计为 3339。由 76,306 减去 3339, 除以 70, 再除以 11,405, 得到 70 个 BGU 的总相似性系数 0.091。无论 70 个 BGU 如何聚类, 0.091 是不会改变的。总相似性系数是传统聚类分析所没有的概念, 也是传统相似性公式无法计算的指标。待各个组群的相似性系数计算完毕, 按相似性系数大小排列聚类图。

3. 结果

93,661 种昆虫的聚类结果如图 1(1)。67 个 BGU 的 GSC 是 0.039。在相似性水平为 0.190 时, 67 个 BGU 聚为 20 个小单元群; 在 0.140 时又聚成 9 个大单元群。各群的组成单元都是相邻相连, 没有“飞地”现象, 符合地理学原则; 各群内的相似性水平为都高于群间的水平, 符合统计学原则; 每群的组成都具有相对一致的生态条件, 符合生态学原则; 各群都有一定比例的特有种类(endemic species), 符合生物学原则(表 3)。特有种类是生物区系的概念, 它是某地区拥有的, 世界其它任何地区都没有的种类。

11,405 种木本植物的聚类结果如图 1(2)。70 个 BGU 的总相似性系数是 0.091。在相似性水平为 0.380 时, 70 个 BGU 聚为 17 个小单元群; 在 0.270 时又聚成 9 个大单元群。同样符合地理学、统计学、生态学、生物学的要求。与昆虫结果相比, 只是 A、H、I 大群各减少一个小群, 但单元组成都是相同的。

603 种哺乳动物的聚类结果如图 1(3)。68 个 BGU 的总相似性系数是 0.145。在相似性水平为 0.410 时,

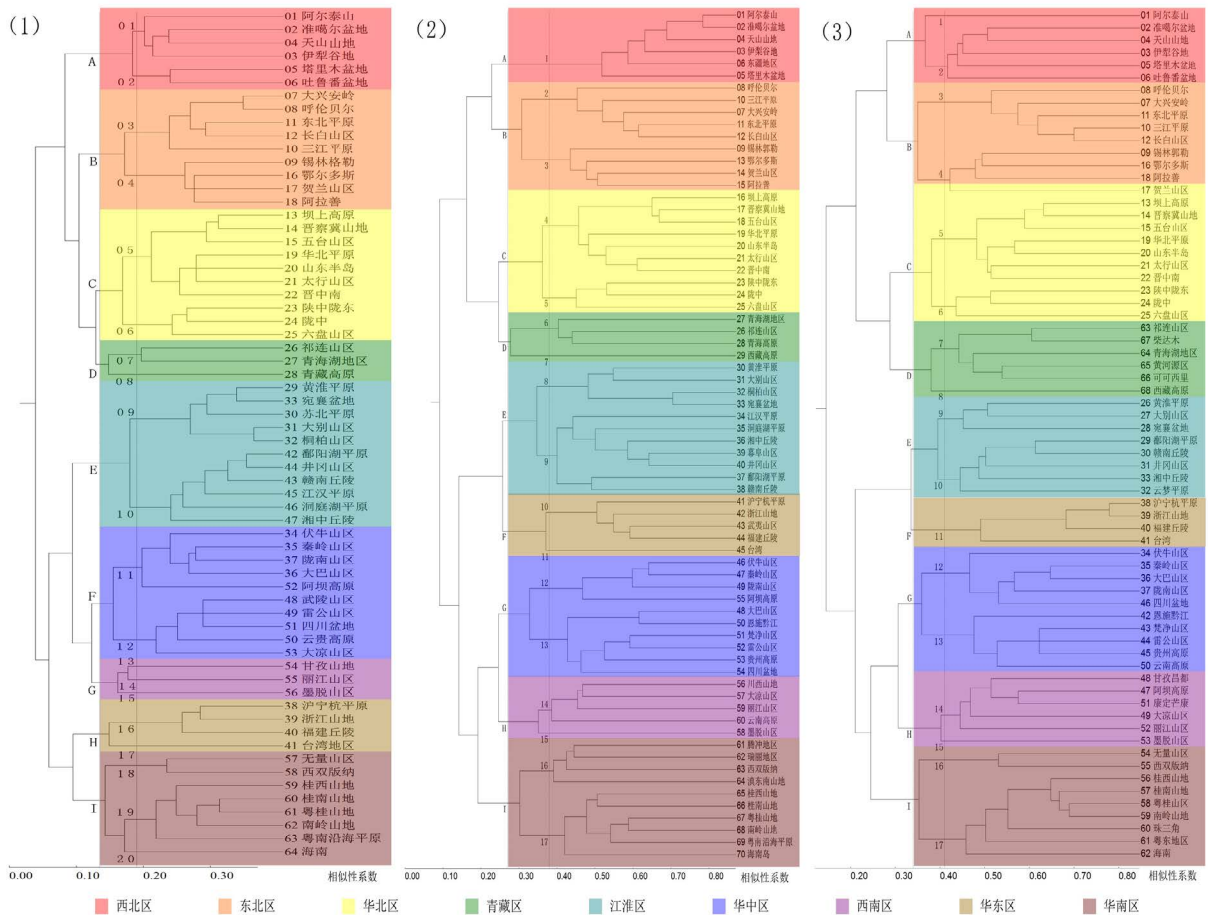


Figure 1. Clustering tree of the distribution pattern of main biota groups in China. (1) Insect; (2) Wood plant; (3) Mammal
图 1. 中国主要生物类群分布格局的聚类结果。(1) 昆虫; (2) 木本植物; (3) 哺乳动物

Table 3. Endemic species of every clustering region
表 3. 各聚类区域的特有物种

拟定地理区划		昆虫			木本植物			哺乳动物		
区	亚区	聚类号	特有种	比例%	聚类号	特有种	比例%	聚类号	特有种	比例%
西北区		A	5352	16.28				A	26	20.80
	北疆亚区	A1	381	13.18	A1	113	32.75	A1	4	6.67
	南疆亚区	A2	109	10.07				A2	20	18.35
东北区		B	1314	13.20	B	106	14.66	B	14	8.75
	黑吉辽亚区	B3	630	8.83	B2	88	17.96	B3	12	10.62
华北区	内蒙古亚区	B4	455	9.05	B3	13	2.92	B4	1	0.94
		C	1550	14.03	C	33	2.73	C	1	0.66
	冀晋鲁亚区	C5	907	11.02	C4	28	3.05	C5	1	0.89
青藏区	黄土高原	C6	581	10.26	C5	3	0.35	C6	0	0.00
		D	756	20.19	D	68	6.81	D	7	4.64
	青海湖亚区	D7	293	11.92	D6	15	2.42	D7	1	0.77
江淮区	羌塘亚区	D8	465	24.35	D7	45	6.96	D8	5	6.67
		E	756	7.50	E	38	1.86	E	1	0.83
	黄淮亚区	E9	185	3.42	E8	14	1.16	E9	0	0.00
华中区	长江中游	E10	552	7.01	E9	22	1.24	E10	0	0.00
		F	5245	23.92	G	429	9.16	G	9	3.49
	秦巴亚区	F11	2358	17.51	G12	84	4.08	G12	2	1.00
西南区	武陵亚区	F12	2597	17.95	G13	300	7.15	G13	7	4.02
		G	3740	30.90	H	1254	25.09	H	20	7.49
	甘孜亚区	G13	1373	24.27	H14	680	15.36	H14	8	3.24
华东区	丽江亚区	G14	934	19.24						
	墨脱亚区	G15	1194	24.69	H15	379	20.16	H15	5	4.42
		H	12173	38.03	F	583	19.61			
华南区	浙闽亚区	H16	3785	23.48	F10	168	7.11	F11	28	16.28
	台湾亚区	H17	8163	40.11	F11	402	32.66			
		I	5552	27.76	I	2836	39.99	I	59	21.93
海南区	滇南亚区	I18	2028	26.15	I16	1022	22.63	I16	40	18.52
	粤桂亚区	I19	1822	17.22						
	海南亚区	I20	1395	17.63	I17	1289	25.24	I17	14	7.91

68 个 BGU 聚为 17 个小单元群；在 0.340 时又聚成 9 个大单元群。也同样符合地理学、统计学、生态学、生物学的要求，仅有 3 个小群没有特有种类。与昆虫结果相比，只是 41、52、62 号单元在水平线前相聚。

比较 3 个聚类结果，大单元群的数量相同，其组成也大都相同，只有个别地理单元的聚类位置有所变动，但都是发生在相邻群之间的移动，并不违背地理学原则。小单元群数目虽有不同，只是木本植物

和哺乳动物各有 3 个小群没有独立出来, 但所含地域并无区别。

4. 讨论

本研究结果与现有植物地理区划和动物地理区划方案相比, 支持对华北区、青藏区、西南区、华南区的划定, 区别仅有 3 点:

将原方案的华中区分为华中、江淮、华东 3 个区。因为原华中区面积较大, 其东部和西部各为丰富度较高的区域, 中间是丰富度较低的平原区域, 三者之间达到区级的差异。

原方案的东北区与蒙新区的界线有所变动, 即内蒙古离开蒙新区而归于东北区, 这是由于阿拉善地区的生物多样性比吐鲁番盆地显著为高, 聚在东北区更为适宜。

原方案中台湾都属于华南区。台湾地处亚热带, 确有不少热带生物种类。但更多种类与浙闽地区共有, 与浙闽组成华东区较为适宜。黄晓磊等(2004)的报告也证实了台湾与福建的密切关系[25]。

近年已有对中国木本植物和脊椎动物进行定量分析报告[26] [27], 但都是沿用目前较为推崇的 Simpson 相似性公式进行分析。该公式实际使用范围非常狭窄, 目前应用已远远超出公式创立者的定义。该公式并不是解决目前生物地理区划难题的有效途径, 对其更深入的评论另文进行。

本研究虽然对全国的 3 大生物类群进行了令人满意的聚类分析, 但未对学界关注的两大地理界在中国的分界线[28] [29] [30] [31]进行讨论。因为古北界与东洋界(或泛北极界与印度 - 太平洋界)是世界级的地理区划单位, 想确定其分界线必须把中国的生物放在世界的范围去考量, 才能得到准确的结果。只用国内材料分析, 是没有任何说服力的, 只能徒生争论。

生物地理区划研究, 国外已开展两个半世纪, 国内也持续近百年。但无论国内外, 动物与植物的区划研究都是分别进行的[32]-[39], 同向而行, 互不融合。极少有人放在一起认真对比。虽然人们早就预期动、植物分布格局的一致性[40], 并试图朝着这一目标前进[41] [42], 但至今还没有人迈出实质性的一步。本研究对中国生物主要类群分布格局的比较, 不仅提供了厘定中国动、植物的地理区划的定量性依据, 更提供了中国, 乃至世界, 环境对生物分布格局同质性影响的切实证据。相信生物地理区划“世界大同”的愿景将会展现在世人面前。

致 谢

我们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 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, 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荣祖研究员、张懿铨研究员, 中南林业科技大学魏美才教授, 南开大学卜文俊教授、李后魂教授, 中国农业大学彩万志教授、杨定教授, 华南师范大学江海声教授等, 他们或热情鼓励, 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

河南省重点实验室专项基金(112300413221)。

参考文献

- [1] 冷疏影, 李新荣, 李彦, 等. 我国生物地理学研究进展[J]. 地理学报, 2009, 64(9): 1039-1047.

- [2] 翟卿, 张静, 李伟, 等. 中国动物地理区划研究现状及展望[J]. 信阳师范学院学报, 2017, 30(4): 676-681.
- [3] 孙航, 邓涛, 陈永生, 等. 植物区系地理研究现状及发展趋势[J]. 生物多样性, 2017, 25(2): 111-122.
- [4] 吴征镒, 孙航, 周浙昆, 等. 中国种子植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [5] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6] 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, 37(7): 67-69.
- [7] 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.
- [8] 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(3): 165-171.
- [9] 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(8): 896-906.
- [10] 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(21): 6795-6802.
- [11] 申效诚. 中国昆虫地理[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2015.
- [12] 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.
- [13] 申效诚, 任应党, 杨琳琳, 等. 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, 出版中.
- [14] 申效诚. 世界昆虫地理[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2018.
- [15] 方精云, 王志恒, 唐志尧. 中国木本植物分布图集[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [16] 张荣祖. 中国哺乳动物分布[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [17] 白义, 许升全, 邓素芳. 陕西蝗虫地理分布格局的聚类分析[J]. 动物分类学报, 2006, 31(1): 18-24.
- [18] 洪朝长. 福建啮齿动物的地理分布和地理区划[J]. 动物学报, 1982, 28(1): 87-98.
- [19] 何晓瑞, 周希琴. 云南爬行动物地理区划[J]. 四川动物, 2002(3): 161-169.
- [20] 傅桐生. 吉林省动物地理区划[J]. 东北师范大学学报(自然科学版), 1981(3): 91-101.
- [21] 李维贤. 辽宁省啮齿动物的地理区划[J]. 动物学报, 1983, 29(4): 383-388.
- [22] 秦长育. 宁夏啮齿动物区系及动物地理区划[J]. 兽类学报, 1991, 11(2): 143-151.
- [23] Kreft, H. and Jetz, W. (2010) A Framework for Delineating Biogeographical Regions Based on Species Distributions. *Journal of Biogeography*, **37**, 2029-2053. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02375.x>
- [24] 刘新涛, 刘晓光, 申琪, 等. 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>
- [25] 黄晓磊, 冯磊, 乔侠侠. 台湾与大陆蚜虫区系的相似性分析和历史渊源[J]. 动物分类学报, 2004, 29(2): 194-201.
- [26] Zhang, M.G., Slik, J.W.F. and Ma, K.P. (2016) Using Species Distribution Modeling to Delineate the Botanical Richness Patterns and Phytogeographical Regions of China. *Scientific Reports*, **6**, Article No. 22400. <https://doi.org/10.1038/srep22400>
- [27] He, J.K., Kreft, H., Gao, E.H., Wang, Z.C. and Jiang, H.S. (2017) Patterns and Drivers of Zoogeographical Regions of Terrestrial Vertebrates in China. *Journal of Biogeography*, **44**, 1172-1184. <https://doi.org/10.1111/jbi.12892>
- [28] 陈宜瑜, 陈毅锋, 刘焕章. 青藏高原动物地理区的地位和东部界线问题[J]. 水生生物学报, 1996, 20(2): 97-103.
- [29] 陈领. 古北区与东洋区在我国东部的精准划界——据两栖动物[J]. 动物学研究, 2004, 25(5): 369-377.
- [30] Hoffmann, R.S. (2001) The Southern Boundary of the Palearctic Realm in China and Adjacent Countries. *Acta Zoologica Sinica*, **47**, 121-131.
- [31] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 125-135.
- [32] Escalante, T. (2017) A Natural Regionalization of the World Based on Primary Biogeographic Homology of Terrestrial Mammals. *Biological Journal of the Linnean Society*, **120**, 349-362.
- [33] Ficitola, G.F., Mazel, F. and Thuiller, W. (2017) Global Determinants of Zoogeographical Boundaries. *Nature Ecology & Evolution*, **1**, Article No. 0089. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0089>
- [34] Defriez, E.J. and Reuman, D.C. (2017) A Global Geography of Synchrony for Terrestrial Vegetation. *Global Ecology and Biogeography*, **26**, 878-888. <https://doi.org/10.1111/geb.12595>
- [35] 张宏达. 再论华夏植物区系[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1994, 33(2): 1-9.
- [36] 王荷生. 植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 1992.

- [37] 赵尔宓. 中国两栖动物地理区划[J]. 四川动物(增刊), 1995: 1-171.
- [38] 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.
- [39] Zhang, D.C., Ye, J.X. and Sun, H. (2016) Quantitative Approaches to Identify Floristic Units and Centres of Species Endemism in the Qinghai-Tibetan Plateau, South-Western China. *Journal of Biogeography*, **43**, 2465-2476. <https://doi.org/10.1111/jbi.12819>
- [40] Cox, C.B. and Moore, P.D. (2005) *Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach*. Seventh Edition, Blackwell Publishing Ltd., Hoboken.
- [41] Procheş, Ş. and Ramdhani, S. (2012) The World's Zoogeographical Regions Confirmed by Cross-Taxon Analyses. *Bioscience*, **62**, 260-270. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.3.7>
- [42] Morrone, J.J. (2018) The Spectre of Biogeographical Regionalization. *Journal of Biogeography*, **45**, 282-288. <https://doi.org/10.1111/jbi.13135>

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: 2330-1724, 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: ojs@hanspub.org