

DOI:10.3969/j.issn.1003-0972.2017.04.035

中国动物地理区划研究现状及展望

翟卿^{1*}, 张静², 李伟², 董石飞², 杨应明², 薛国喜³, 孙浩³

(1.河南农业大学 植物保护学院,河南 郑州 450002;

2.红云红河烟草(集团)有限责任公司 原料部,云南 昆明 650231;

3.郑州轻工业学院 食品与生物工程学院,河南 郑州 450002)

摘要:从研究对象和研究方法两方面,对我国动物地理区划研究的现状进行了分析,探讨了该领域今后的发展趋势,提出应以分类学为基础,系统梳理我国无脊椎动物的种类和分布信息,建立翔实的数据库,用更具科学性和客观性的多元相似性聚类分析法对数据进行分析,使研究有可重复性、结果有可比性,通过长期的数据积累,逐步完成不同动物类群的地理区划研究,为我国综合性动物地理区划分析提供可靠依据。

关键词:无脊椎动物;脊椎动物;昆虫;相似性系数;区系;多元相似性聚类分析法

中图分类号:Q968.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0972(2017)04-0676-06

Current Situation and Prospect of the Research on Zoogeographical Divisions of China

ZHAI Qing^{1*}, ZHANG Jing², LI Wei², DONG Shifei², YANG Yingming², XUE Guoxi³, SUN Hao³

(1.College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2.Raw Material Department, Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co. Ltd, Kunming 650231, China;

3.School of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The problems and trends of both the targets and methods of current study on zoogeographical divisions in China are discussed. It indicates that a database of species and distribution of invertebrate in China should be established basing upon systematically taxonomic clarification, and the data should be analyzed by multivariate similarity clustering analysis (MSCA) so that the studies will be repeatable and the results comparable. After a long-term data accumulation, zoogeographical divisions of different animal groups will be accomplished and a comprehensive research on the zoogeographical divisions of China will thus be expectable.

Key words: invertebrate; vertebrate; insect; similarity coefficient; fauna; multivariate similarity clustering analysis (MSCA)

0 引言

动物地理区划是动物地理学研究的重要内容之一,其目的是根据不同动物种类的分布规律,将某一地理范围划分成若干区域,以体现不同区域间在动物区系上的差异性,并为研究物种的起源、演化和分布的历史过程提供依据。世界动物地理区划研究自19世纪中后期开始,至今已在大体框架上达成了学界共识,但仍存在诸多争议,如以我国为主体的亚洲东部的划界问题^[1-5]。我国的动物地理

区划研究兴起于20世纪中期,目前已取得了一些重要成果,同时也在研究对象和研究方法方面存在一些问题。本文在对我国该领域研究现状进行分析的基础上,提出了一些建议,以期为今后的动物地理区划研究提供参考。

1 现状分析

至1999年,我国的动物地理区划研究的阶段性成果集中体现在张荣祖先生的《中国动物地理》一书^[6]。该书以两栖类、爬行类、鸟类、兽类等陆栖

收稿日期:2016-10-30;修订日期:2017-04-30; *通信联系人, E-mail: zhaiqingjn@163.com

基金项目:国家自然科学基金项目(41401067);河南省教育厅重点项目(15A180041);中国博士后科学基金资助项目(2016M602935XB);红云红河烟草(集团)有限责任公司资助项目(HYHH2016YL01)

作者简介:翟卿(1980—),女,山东章丘人,讲师,博士,主要从事昆虫系统学与生物多样性研究。

脊椎动物的分布资料为基础,通过归纳和总结,将中国动物地理区划分为2界3亚界7区19亚区。到2011年该书再版时,动物地理区划部分仍是以上述类群的信息为依据,具体划分方式也未发生变化^[7]。这一方面体现了我国动物地理区划定性研究经过检验,已经达到了较为稳定的理论高度,另一方面也反映出了一些问题。

1.1 我国陆栖无脊椎动物的地理区划研究滞后,对陆栖脊椎动物地理区划方案的依赖性突出

我国陆栖无脊椎动物的种类远超出脊椎动物,但其地理区划研究却远远落后于后者。以动物界中种类最多、数量最大、分布最广的一个类群——昆虫为例,目前进行过全国范围地理区划研究的只有双翅目的蚋类^[8]、膜翅目的蚁类^[9]和鳞翅目的夜蛾科^[10],在某省份或某地区等较小范围内进行过地理区划研究的只有双翅目的蚊类^[11]和蝇类^[12]、膜翅目的蚁类^[13]、鞘翅目的拟步甲科^[14]和肖叶甲科^[15]、鳞翅目的蝶类^[16·17]、直翅目的蝗虫^[18]及半翅目的蚜虫^[19],这显然与昆虫纲种类的丰富程度远远不成比例。另一方面,在无脊椎动物的动物地理学相关研究论文中,绝大部分都是根据某类群在我国各动物地理区的分布情况,来讨论其区系结构、分布特点等,而无论是就全国范围进行讨论^[20-23],还是在较小范围内进行分析^[24-31],所依据的几乎都是中国陆栖脊椎动物地理区划方案,这显然是不妥的。动物界所包含的种类非常丰富,不同类群在生境选择上存在差异,在地理分布上各有特点,也就应该有属于自身的地理区划格局^[32, 33]。以陆栖脊椎动物为对象进行的地理区划研究结果,可以作为其他类群动物地理学研究的参考,但若直接套用,则相当于把“动物地理区划”等同于“陆栖脊椎动物地理区划”,以偏概全,抹杀了不同门类的差异性。值得一提的是,有少部分研究是将某地区根据地形、气候、植被等自然因素划分成若干小区^[15, 17, 19, 34, 35],或以省、市县等行政区划作为小区^[10, 18],根据某类群在各小区的分布来计算相似性系数,进行聚类分析,讨论该地区该类群的地理区划,在此基础上研究其分布特点。这些研究所采取的思路科学合理,能够反映类群的真实情况,只可惜多是针对某个较小的地区,针对全国范围的、体现类群自身特性的地理区划研究仍非常少见。

1.2 多地区相似性系数的计算是动物区系相似性分析中的难题,是制约动物地理区划定量研究发展的瓶颈

我国陆栖脊椎动物地理区划研究开展至今,虽已获得了一个被普遍接受的结果,但仍停留在定性分析的层面,缺少统计学方面的数据支持。植物区系研究领域提出的“相似性”概念,旨在通过对物种分布信息的数学分析,实现地理区划研究的定量化和客观化。通过计算相似性系数,即两地区共有物种数占两地区总物种数的比例,来反映二者的相似程度。在计算相似性系数时,最常用的两个公式是Sorensen提出的 $SI=2C/(A+B)$ 和Jaccard提出的 $SI=C/(A+B-C)$,式中的A、B分别代表两地的物种数,C代表两地共有物种数。根据某些动物类群的分布资料,使用Sorensen公式^[14, 27, 29, 39]或Jaccard公式^[15, 17-19, 30, 40]计算各分布区之间的相似性系数,绘制聚类分支图,讨论各地区的亲缘关系,已经成为动物区系研究中的常见方法。但无论使用哪个公式,计算的都是两个地区间的相似性系数,而无法实现对包含三个或更多个地区的系统整体相似性系数的直接计算。为解决这一问题,人们采取了合并降阶的办法,即先计算一个系统内n个地区两两间的相似性系数,然后将相似性系数最大的两个地区合并为一个区,与其他地区组成新的系统,再计算这n-1个地区两两间的相似性系数,以此类推。还设计了很多校正参数和聚类模型,来尽量校正在一系列合并降阶过程中产生的偏差^[38]。但事实上,将相似性系数最大的两个地区合并为一个区,在逻辑上是无法进行合理解释的;其次,这种合并降阶的方法必然会得出一个有偏差的结果,且参与比较的地区越多,偏差就越大^[39, 40],在这个基础上产生的聚类结果,不能反映各分布区之间的真实关系;而各种用于校正偏差的参数和模型,其效果和在具体应用中如何选择,并没有统一的评价标准^[41],导致结果间很难有可比性。因此,这种办法并没有真正解决问题,如何正确计算多地区相似性系数,就成了长期制约动物地理区划定量研究发展的瓶颈。

2 展望与讨论

2.1 引入更多的无脊椎动物类群进行地理区划研究,在获得符合类群自身分布规律的区划结果的同时,为完善综合性区划提供依据

动物地理区划研究应是参与的类群越多越有助于反映共性,结论也就越具综合性。“……综合性区划及其界线只是一个‘平均状态’的尺度,它只为各种实际上的偏离提供一个准绳……对于不同门

类的研究者,参照平均状态,以此标尺度量,其结果是一致还是偏离,可能反映各门类分布的自身特点.而综合性区划亦因各门类的研究得以修订而日趋完善”.^[7]申效诚等提出的我国第一个经定量分析获得的昆虫地理区划方案^[42]和世界蜘蛛地理分布格局^[43],已为无脊椎动物地理区划研究提供了范例.今后应将更多的无脊椎动物类群应用到动物地理区划研究中,通过对不同类群的种类和分布信息进行科学分析,获得属于各类群的、反映其自身分布特点的区划方案,再将结果与脊椎动物地理区划相对比,分析彼此的异同点,这样才能使“综合性区划”逐渐得到完善.

2.2 全面、系统地对我国无脊椎动物的分类和分布数据进行梳理和厘清,为地理区划研究建立可靠的数据库

我国的无脊椎动物分类研究起步晚,许多类群的早期工作都是由外国人完成的,模式标本也大都分散在国外.当前国内从事分类工作的学者,主要精力多集中于分类单元的描记和系统发育树的构建.全面、系统地对某一类群的分类学梳理和厘定,以及对各个种和亚种的精确分布数据的整理和厘清,尚未得到重视.调查不全面、资料零散、信息不精确等问题,将成为无脊椎动物地理区划研究的限制因素.文献中常见的某地物种调查结果和区系分析等,大多由非专业从事分类研究的学者完成,文中提供的名录是否基于对标本的准确鉴定往往令人质疑.而动物地理区划作为分类区系研究的下游,面对文献中存在的物种错误鉴定和产地错误记载,无法进行甄别和纠正.证明某地有某物种,只需在该地采到标本即可;而要想证明某地有某物种的记载是错的,则十分困难.因此,不准确的鉴定结果一旦发表,就会成为难以更正的错误信息,日积月累则将导致地理区划分析结果的偏差.因此,既需要对各类群进行分类学厘定和标本产地信息的整理,也需要对与区系调查有关的论文在种类鉴定准确性方面加强把关,确保发表的数据真实可靠.

2.3 多元相似性聚类分析法为动物地理区划定量研究提供了科学途径

多元相似性聚类分析法充分考虑了“部分共有”种类在多地区相似性中的贡献,通过分析不同层次上的共有种类在相似性中的权重,经过推导和转化,得出多元相似性系数公式 $SI_{ab\dots n} =$

$\sum H_i/nS$, 即由 n 个地区构成的系统的总体相似性系数 $SI_{ab\dots n}$, 为各地区共有种类的算术平均数 $\sum H_i/n$ 占总种类数 S 的比例^[39, 40]. 通过对该公式及其衍生出的相异性系数、相似性贡献率和相异性贡献率的推导,以及在实例中与传统合并降阶方法的对比,该公式显示出了简单快捷、可重复性强、符合数学和生物学逻辑的特点,使各个层次共有种类的信息得到了公平、充分的表达,与传统的合并降价办法相比,该方法直接计算任意个地区之间的相似性系数,摈弃了合并环节,避免了因合并降阶而造成的信息损失和结果偏差,实现了从整体上考量多地区的相似性系数^[44]. 根据该公式对 n 个地区进行聚类分析时,先计算两两地区的相似性系数,然后将相似性系数最大的两个地区聚为一支,但“聚而不合”,而是接下来分别计算剩余 $n-2$ 个地区与这两个地区的相似性系数,再与第一步算出的这 n 个地区两两间的相似性系数相比较,选出所有可能出现的二元和三元组合中相似性系数最大者,来决定下一步应聚为一支的地区,以此类推,最终得到聚类分支图.经过反复检验和在实际问题中的试用^[10, 34, 35, 39, 40],这一方法表现出了良好的实用性和稳定性,在保证有多类群参与的前提下,并不要求种类和分布信息十分完备,即可获得令人满意的、符合生物学逻辑的结果.用该方法对中国夜蛾科分布资料的分析,在总体上验证了当前的中国动物地理区划方案,同时也提出了局部调整意见和增设“秦淮区”的设想^[10].这些都说明,多元相似性聚类分析法是动物地理区划定量研究的可靠方法,应在实际问题中不断推广使用.

3 结论

以陆栖脊椎动物为基础的中国动物地理区划方案是我国动物地理区划定性研究的一座里程碑,但它并不是终点,而是在更高平台上的又一崭新开端.引入更多的动物类群,尤其是以昆虫为代表的无脊椎动物类群,使用更加科学的方法,从定性分析转为定量研究,已成为这一领域发展的必然趋势.以分类学为基础,以无脊椎动物为对象,依靠准确的物种鉴定和精确的分布信息建立数据库,是我国动物地理区划研究新的重要着手点.

[1] RUEDA M, RODRÍGUEZ M Á, HAWKINS B A. Identifying global zoogeographical regions: Lessons from Wallace

- [J]. Journal of Biogeography, 2013, 40: 2215-2225.
- [2] 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.
- [3] KREFT H, JETZ W. Comment on "An update of Wallace's zoogeographic regions of the world" [J]. Science, 2013, 341: 343-349.
- [4] HOLT B G, LESSARD J P, BORREGAARD M K, et al. Response to comment on "an update of Wallace's zoogeographic regions of the world" [J]. Science, 2013, 341: 343-347.
- [5] DAWSON M N, ALGAR A C, ANTONELLI A, et al. An horizon scan of biogeography[J]. Frontiers of Biogeography, 2013, 5(2): 130-157.
- [6] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
ZHANG R Z. Zoogeography of China[M]. Beijing: Science Press, 1999.
- [7] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
ZHANG R Z. Zoogeography of China[M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [8] 陈汉彬. 中国蚋类区系分布和地理区划(双翅目: 蚋科)[J]. 动物分类学报, 2002, 27(3): 624-630.
CHEN H B. Faunistic distribution and geographical divisions of blackflies in China (Diptera: Simuliidae)[J]. Acta Zootaxonomica Sinica, 2002, 27(3): 624-630.
- [9] FELLOWES J R. Ant (Hymenoptera: Formicidae) genera in southern China: Observations on the oriental-palaearctic boundary[J]. Myrmecologische Nachrichten, 2006, 8: 239-249.
- [10] 申效诚, 王爱萍, 张书杰. 夜蛾科昆虫区系研究 II: 中国各省区夜蛾的分布及相似性分析[J]. 华北农学报, 2008, 23(5): 151-156.
SHEN X C, WANG A P, ZHANG S J. Studies on the fauna of noctuidae II: Distribution and similarity of noctuidae in China[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2008, 23(5): 151-156.
- [11] 陆润泽, 刘起勇, 吴海霞, 等. 2014 年中国淡色库蚊/致倦库蚊种群地理分布特征分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2016, 27(2): 107-111.
LU R Z, LIU Q Y, WU H X, et al. Zoogeographical analysis of *Culex pipiens pallens*/ *Cx Pipiens quinquefasciatus* in China, 2014[J]. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2016, 27(2): 107-111.
- [12] 段海生, 杨振琼, 许国权, 等. 湖北地区蝇科物种多样性及地理分布[J]. 昆虫知识, 2010, 47(4): 783-788.
DUAN H S, YANG Z Q, XU G Q, et al. The species diversity and geographical distribution of muscidae in Hubei [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2010, 47(4): 783-788.
- [13] 辛明, 马永林, 贺达汉. 宁夏蚊科昆虫区系研究[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2011, 32(4): 403-407, 412.
XIN M, MA Y L, HE D H. Fauna composition of formicidae in Ningxia[J]. Journal of Ningxia University (Natural Science Edition), 2011, 32(4): 403-407, 412.
- [14] 任国栋, 杨晋宇, 于有志. 内蒙古拟步甲与地理分布[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2000, 20(S): 18-25.
REN G D, YANG J Y, YU Y Z. The known tenebrionid-beetles of Inner Mongolia Autonomous Region and its entomo-geographical distribution[J]. Journal of Hebei University(Natural Science Edition), 2000, 20(S): 18-25.
- [15] 李兴鹏, 李成德, 宋丽文, 等. 黑龙江省肖叶甲科种类及地理分布[J]. 动物学研究, 2008, 29(4): 438-446.
LI X P, LI C D, SONG L W, et al. Faunistic and distribution of eumolpidae (Coleoptera: Chrysomeloidea) species in Heilongjiang Province, China[J]. Zoological Research, 2008, 29(4): 438-446.
- [16] 李树恒, 刘文萍, 邓合黎. 三峡库区蝶类的生态地理分布[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(5): 474-477.
LI S H, LIU W P, DENG H L. Ecogeographical distribution of butterflies in the Three-Gorges Reservoir Area[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2001, 23(5): 474-477.
- [17] 李树恒. 重庆蝶类区系与地理区划的探讨[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(6): 542-545.
LI S H. On fauna of butterflies in Chongqing and their geographic division[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2002, 24(6): 542-545.
- [18] 许升全, 张大治, 郑哲民. 宁夏蝗虫地理分布的聚类分析[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2004, 32(2): 71-73.
XU S Q, ZHANG D Z, ZHENG Z M. Cluster analysis of grasshopper zoogeographical division in Ningxia[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2004, 32(2): 71-73.

- [19] 张利军, 李友莲. 山西动物地理区划中蚜虫物种组成[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2009, 29(3): 228-232.
ZHANG L J, LI Y L. Component analysis of aphid fauna in Shanxi animal geographical regions[J]. Journal Shanxi Agriculture University (Natural Science Edition), 2009, 29(3): 228-232.
- [20] 杨洁, 徐建欣, 范武波. 中国野生蜂形态描述与地理分布概况[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(3): 610-616.
YANG J, XU J X, FAN W B. Morphological description and geographical distribution of wild Honeybees in China [J]. Journal of Environmental Entomology, 2015, 37(3): 610-616.
- [21] 张高峰, 郑哲民, 白义. 中国扁叶甲属地理分布格局研究(叶甲科, 叶甲亚科)[J]. 四川动物, 2006, 25(1): 5-7.
ZHANG G F, ZHENG Z M, BAI Y. Geographical distribution of genus *Gastrolina* in China (Chrysomelidae: Chrysomelinae)[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2006, 25(1): 5-7.
- [22] 马铁山, 郝改莲, 刘殿锋, 等. 中国凤蝶科昆虫地理分布的聚类分析[J]. 昆虫知识, 2009, 46(4): 615-619.
MA T S, HAO G L, LIU D F, et al. The cluster analysis of geographical distribution of Papilionidae in China[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2009, 46(4): 615-619.
- [23] 王秀爽, 黄敏, 张雅林. 中国小叶蝉亚科昆虫地理分布格局聚类分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(4): 86-94, 101.
WANG X S, HUANG M, ZHANG Y L. Cluster analysis of Typhlocybinae (Hemiptera: Cicadellidae) distributional pattern in China[J]. Journal of Northwest Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2012, 40(4): 86-94, 101.
- [24] 王志明, 赵思萌, 王选遥, 等. 吉林省花布灯蛾地理分布与成灾区域调查[J]. 吉林林业科技, 2017, 46(2): 29-33.
WANG Z M, ZHAO S M, WANG X Y, et al. The geographical distribution and disaster area investigation of *Campitoloma interiorata* of Jilin Province[J]. Journal of Jilin Forestry Science and Technology, 2017, 46(2): 29-33.
- [25] 赵奇, 高丽君, 唐振强, 等. 河南省蜱种类和地理分布及季节消长调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2015, 26(1): 75-77.
ZHAO Q, GAO L J, TANG Z Q, et al. Investigation of species, temporal and spatial distribution of ticks in Henan Province, China[J]. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2015, 26(1): 75-77.
- [26] 陈锚锚, 邓成玉, 黄燕, 等. 云南蠓类名录及地理分布[J]. 中华卫生杀虫药剂, 2014, 20(2): 174-178.
CHEN M M, DENG C Y, HUANG Y, et al. Species list and distribution of midge of Yunnan[J]. Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments, 2014, 20(2): 174-178.
- [27] 孙晓玲, 任炳忠, 赵卓, 等. 东北地区不同生境内蝗虫区系的比较[J]. 生态学杂志, 2006, 25(3): 286-289.
SUN X L, REN B Z, ZHAO Z, et al. Faunal composition of grasshopper in different habitats of Northeast China[J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(3): 286-289.
- [28] 何鹏兴, 郑哲民, 卜云. 秦岭山脉蝽科昆虫调查及区系分析[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2007, 35(4): 94-98.
HE P X, ZHENG Z M, BU Y. On the pentatomidae species and its faunal in Qinling Mountain[J]. Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition), 2007, 35(4): 94-98.
- [29] 黎璇, 袁兴中, 邓合黎. 横断山区蝶类的垂直分布及其多样性[J]. 生态学杂志, 2009, 28(9): 1847-1852.
LI X, YUAN X Z, DENG H L. Vertical distribution and diversity of butterflies in hengduan mountains, Southwest China[J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(9): 1847-1852.
- [30] 胡冰冰, 李后魂, 梁之聘, 等. 八仙山自然保护区蝴蝶群落多样性及区系组成[J]. 生态学报, 2010, 30(12): 3226-3238.
HU B B, LI H H, LIANG Z P, et al. Diversity and fauna of butterflies in Baxian Mountain State Nature Reserves [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(12): 3226-3238.
- [31] 邓成玉, 陈庆红, 薛群力, 等. 西藏蠓类名录、地理分布及区系分析(双翅目, 蠓科)[J]. 四川动物, 2011, 30(6): 903-910.
DENG C Y, CHEN Q H, XUE Q L, et al. Species list, distribution and fauna of midge (Diptera: Ceratopogonidae) from Xizang, China[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2011, 30(6): 903-910.
- [32] 阴环, 许升全, 廉振民. 陕西省动物地理区划研究进展[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2003, 31(S): 64-68.
YIN H, XU S Q, LIAN Z M. Progress of Studies on zoogeographical division in Shaanxi[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2003, 31(S): 64-68.

- [33] XING Y J, ZHOU L Z, ZHANG Y Y, et al. Geographical patterns based on faunal types of breeding birds and mammals in China[J]. *Integrative Zoology*, 2008, 3: 280-289.
- [34] 申效诚. 河南省昆虫分类区系研究进展[J]. *河南农业科学*, 2009(9): 102-08.
SHEN X C. Progress of the study on insect fauna and taxonomy of Henan Province [J]. *Henan Agricultural Science*, 2009(9): 102-08.
- [35] 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(16): 4416-4426.
SHEN X C, REN Y D, WANG A P, et al. A multivariate similarity clustering analysis for geographical distribution of insects, spiders and mites in Henan Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16): 4416-4426.
- [36] 陈领. 古北和东洋界在我国东部的精确划界: 据两栖动物[J]. *动物学研究*, 2004, 25(5): 369-377.
CHEN L. The precise biogeographic division of palaearctic and oriental realm in the east of China: Based on data of amphibians[J]. *Zoological Research*, 2004, 25(5): 369-377.
- [37] 李晓晨. 动物地理区划的聚类分析[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2000, 30(3): 265-267.
LI X C. Multivariate analysis on zoogeographical division[J]. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2000, 30(3): 265-267.
- [38] 解焱, 李典谟, MACKIMMON J. 中国生物地理区划研究[J]. *生态学报*, 2002, 22(10): 1599-615.
XIE Y, LI D M, MACKIMMON J. Preliminary researches on bio-geographical divisions of China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(10): 1599-1615.
- [39] 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.
SHEN X C, SUN H, ZHAO H D. A discussion about the method for multivariate similarity analysis of fauna[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 849-854.
- [40] 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.
SHEN X C, WANG A P. A Discussion about the method for multivariate similarity analysis of fauna[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008(7): 67-69.
- [41] HAWKINS B A. Eight (and a half) deadly sins of spatial analysis[J]. *Journal of Biogeography*, 2012, 39: 1-9.
- [42] 申效诚, 刘新涛, 任应党, 等. 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.
SHEN X C, LIU X T, REN Y D, et al. The multivariate similarity clustering analysis and geographical division of insect fauna in China[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2013, 56(8): 896-906.
- [43] 申效诚, 张保石, 张锋, 等. 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.
SHEN X C, ZHANG B S, ZHANG F, et al. Worldwide distribution and multivariate similarity clustering analysis of spiders[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(21): 6795-6802.
- [44] 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比较[J]. *生态学报*, 2013, 33(11): 3480-3487.
LIU X T, LIU X G, SHEN Q, et al. Comparison of merged and non-merged similarity clustering analysis methods [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(11): 3480-3487.

责任编辑:任长江