



路园园, 丁强, 杨星科, 白明. 中国丽金龟亚科昆虫分类学研究进展 [J]. 环境昆虫学报, 2023, 45 (3): 611–619.

中国丽金龟亚科昆虫分类学研究进展

路园园¹, 丁强^{1,2}, 杨星科^{1,3}, 白明^{1,2*}

(1. 中国科学院动物研究所, 动物进化与系统学院重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 广东省科学院动物研究所, 广州 510260)

摘要: 丽金龟亚科 Rutelinae 隶属于鞘翅目 Coleoptera 多食亚目 Polyphaga 金龟总科 Scarabaeoidea 金龟科 Scarabaeidae。世界性分布, 全世界已知 7 族 235 属 4 200 余种, 中国目前记录 3 族 25 属 (亚属), 共 526 种 (亚种)。丽金龟成虫为植食性, 可取食植物范围广, 幼虫土栖, 主要取食植物根部, 部分种类是农林业害虫。因此, 对其开展分类学研究, 对农林业生产具有理论意义。本文通过全面核查文献及统计分析, 回顾和总结了丽金龟亚科分类学研究历史, 并重点介绍了我国的研究现状。目前已开展的丽金龟亚科研究工作仍以新种发表为主, 缺乏高质量的分类修订工作及系统发育研究。另外, 丽金龟亚科是鞘翅目中重要的植食性昆虫之一, 开展深入的生物多样性研究, 对于探讨甲虫的多样性和与植物协同进化关系有重要意义。

关键词: 丽金龟; 分类; 系统发育; 进展

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2023) 03-0611-09

Advances in taxonomy of Chinese Rutelinae

LU Yuan-Yuan¹, DING Qiang^{1,2}, YANG Xing-Ke^{1,3}, BAI Ming^{1,2*} (1. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Institute of Zoology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510260, China)

Abstract: Rutelinae is a subfamily of Scarabaeidae belonging to Scarabaeoidea of the order Coleoptera (beetles). The subfamily Rutelinae is composed of approximately 7 tribes, 235 genera and 4 200 species that are distributed worldwide. Now 3 tribes, 25 genera and 526 species are recorded in China. Adults are phytophagous and feed on leaves, flowers, or flower parts. Larvae are soil-dwelling and most species feed on roots. Therefore, many species are pests in agroforestry. The taxonomic and systematic study on Rutelinae and precise species identification of this subfamily are of significant agroforestry importance. Here by comprehensively summarizing the literatures, we revised the history of taxonomic research on this subfamily, and more focused on the status of China. We found until now, most of research on Rutelinae focused on new species description. There were short of revisionary work and phylogenetic study. Moreover, as the one of most important phytophagous beetles, the study of biodiversity on Rutelinae would provide constructive information on diversity of beetles and the co-evolutionary relationship between beetles and plants.

Key words: Rutelinae; taxonomy; phylogeny; advances

基金项目: 国家自然科学基金 (31900317)

作者简介: 路园园, 女, 1990 年生, 助理研究员, 研究方向为金龟总科昆虫形态与进化, E-mail: luyanyuan@ioz.ac.cn

* 通讯作者 Author for correspondence: 白明, 博士, 研究员, 研究方向为鞘翅目形态与进化, E-mail: baim@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2022-02-06; 接受日期 Accepted: 2022-05-05

1 引言

丽金龟亚科 Rutelinae 隶属于鞘翅目 Coleoptera 多食亚目 Polyphaga 金龟总科 Scarabaeoidea 金龟科 Scarabaeidae (Bouchard *et al.*, 2011), 是一类中型甲虫。其成虫体色通常绚丽, 以绿色居多, 英文俗称 Shining leaf chafers, 也源自于其体色的特点。该亚科主要鉴别特征为: 各足跗节有 2 个大小不对称的爪, 大多数种类前、中足大爪 2 裂, 少数简单, 小爪和后爪简单 (图 1)。丽金龟世界性分布, 种类繁多, 植食性, 且部分种类有群集性特点, 因此不乏农林业害虫, 如著名的日本金龟子 *Popillia japonica*, 是我国重要的检疫害虫 (Potter and Held, 2002; 日本金龟子检疫鉴定方法 (SN/T 1370-2016))。本文通过全面核查文献及统计分析, 回顾和总结了丽金龟亚科分类学研究历史, 并重点介绍了我国的研究现状。结合作者的研究认知, 总结了目前研究存在的问题, 提出了相关研究建议。

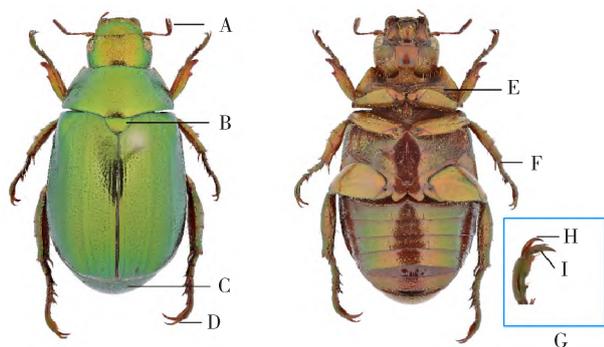


图 1 丽金龟鉴别特征图解 (拱背彩丽金龟)

Fig. 1 Key characters of Rutelinae

(*Mimela confucius confucius* Hope, 1836)

注: A, 触角 (鳃叶状, 鳃片部 3 节); B, 小盾片 (外露); C, 臀板 (裸露于鞘翅之外); D, 爪 (2 个, 不等长); E, 前足基节 (横向); F, 中足胫节端距 (2 个, 不被跗节分开); G, 前足跗节末端; H, 小爪 (不分裂); I, 大爪 (分裂)。Note: A, Antennae (lamelliform, club 3-segmented); B, Scutellum (exposed); C, Pygidium (exposed beyond apices of elytra); D, Tarsal claw (two, unequal in length); E, Anterior coxae (transverse); F, Spur in mesotibial apex (two, not separated by basal metatarsal segment); G, Apex of protibia; H, Small claw (not split); I, Large claw (split).

2 世界研究现状及问题分析

丽金龟亚科昆虫世界性分布, 全世界已知 235 属 4 200 余种 (Krajčák, 2007)。共包括 7 族, 喙丽金龟族 Adoretini、阿丽金龟族 Alvarengiini^①、钝丽金龟族 Anatistini^②、异丽金龟族 Anomalini、圣丽金龟族 Anoploganthini^③、须丽金龟族 Geniatiini^④ 和丽金龟族 Rutelini (Bouchard *et al.*, 2011)。异丽金龟族 Anomalini 种类最多, 约 54 属 2 000 种, 主要分布在东洋区、古北区和非洲区, 包括丽金龟亚科种类丰富度最高的属: 异丽金龟属 *Anomala*, 已记录超过 1 000 种, 且无亚属划分。丽金龟外部形态趋同现象普遍, 近缘种区分难度大, 特大属和大属的存在, 进一步加大了研究难度。

丽金龟已记录化石种 27 种, 属于 3 个已知属和 6 个绝灭属, 均发现在新生代, 其中最早的化石记录为 *Pelidnotites atavus* Cockerell, 1920, 来自于英国的伯恩茅斯, 大约 48.6 到 40.4 个百万年前 (Krell, 2000)。值得注意的是, 中国学者张俊峰等发表了 16 个丽金龟绝灭种, 均来自我国山东山旺中新世地层 (Zhang, 1989; Zhang *et al.*, 1994)。

2.1 世界研究历史

通过统计 1758-2020 这 263 年来丽金龟亚科有效种类的发表情况 (数据来源 Catalogue of life 网站, 共 4 850 种^⑤) (Schoolmeesters, 2021), 可知新物种的描记有过 4 个每十年超过 200 个种的区间, 分别是 1838-1847, 1888-1927, 1968-1977, 1988-2020 年, 其中在 1908-1917 这十年达到 855 种的峰值 (图 2), 这一规律与重要的研究者活跃时间相关。其中前 10 名命名者如下: Ohaus (1897-1943: 1 217 种), Soula (1998-2012: 350 种), Arrow (1899-1946: 261 种), Burmeister (1844-1855: 175 种), Lin (1965-2008: 171 种), Bates (1866-1904: 147 种), Blanchard

① 该族拉丁名称来自于模式种的采集者 Alvarenga, 故命中文名为阿丽金龟族

② 该族特征为上唇和颏均无齿, 故命中文名为钝丽金龟族

③ 该族模式属 *Anoplognathus* 的俗名为 Christmas beetle, 故命中文名为圣丽金龟族

④ 该族英文俗名为 Bearded scarabs, 指部分种类及模式种的额上具浓密刷毛, 故命中文名为须丽金龟族

⑤ 该数据仅用于分析新物种发表情况

(1846 - 1851: 128 种), Zorn (1997 - 至今: 119 种), Limbourg (1997 - 至今: 118 种) (注: 括号内日期

为发表新物种年份)。值得注意的是, 我国研究者林平在新种发表数量上也位居前列 (图3)。

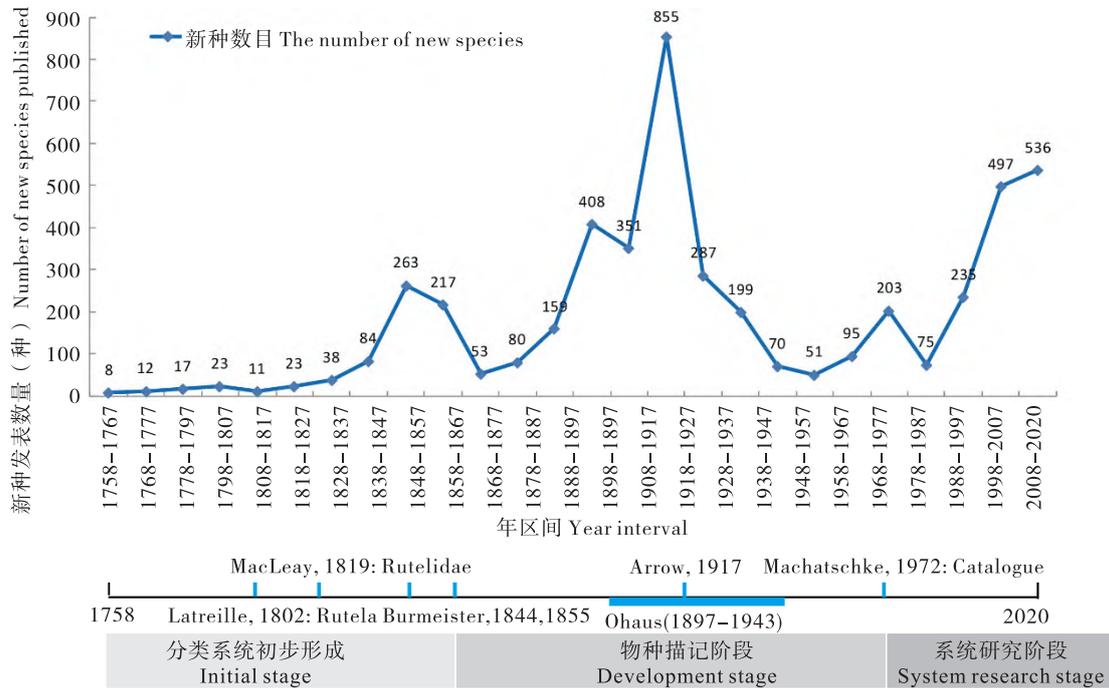


图2 丽金龟新种发表统计及分类发展阶段

Fig. 2 Statistical line chart of new species published and development of taxonomy study on Rutelinae

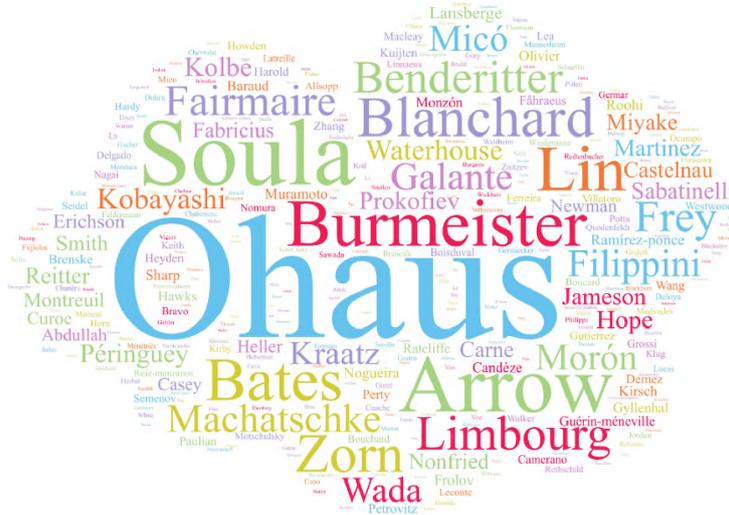


图3 1758 - 2020 年丽金龟亚科有效新物种命名人名词云

Fig. 3 A word cloud for the name of authors of the valid new species of Rutelinae from 1758 to 2020

注: 该图制作于微词云网站 (https://www.weiciyun.com/)。Note: The picture was made on the Weiciyun website (https://www.weiciyun.com/).

根据丽金龟相关文献的全面梳理, 总结丽金龟亚科分类研究历史可大致划分为三个阶段 (图2): 起始阶段为分类系统初步形成时期 (1758 - 1855), 其中 1802 年, Latreille 根据触角和口器特征建立了丽金龟属 *Rutela*。MacLeay 在

1819 年首次提出丽金龟科 Rutelidae, 与现在的丽金龟范围不同, 主要包括了分布于美洲的部分属种等。Burmeister (1842 - 1855) 的昆虫学手册 *Handbuch der Entomologie*, 对鳃角类进行了全面的论述, 并明确了丽金龟的范围。发展阶段以新种

描记为主 (1856–1972), 主要以 Arrow、Ohaus 和 Machatschke 为代表。Arrow (1917) 的印度动物志 (第二卷), 描述了丽金龟共 31 属 395 种, 对我国丽金龟研究具有重要参考价值 (Lu, 2018)。Ohaus (1897–1943) 为迄今为止新种发表数量最多的作者, 占已知种类的 1/4, 其建立的丽金龟分类体系沿用至今 (Ohaus, 1918; 1934)。Machatschke (1957; 1965) 出版了多本丽金龟专著, 对 1918 年 Ohaus 的世界名录进行了修订 (1972), 记录丽金龟约 4 100 种。

近年来, 丽金龟分类学研究层次更加丰富, 从新种描记、种类修订到系统发育研究均有涉及 (Jameson, 1997; Zorn, 2011b; Moore *et al.*, 2017), 特征研究从形态表征到遗传特征扩展 (Smith *et al.*, 2006)。各个地理区系的研究也越加深入, 其中 Jameson、Smith 主要研究美洲的丽金龟 (Smith and Paucar, 2000; Jameson and Hawkins, 2005)。Morón 主要关注幼虫 (Morón and Nogueira, 2000; 2002)。Zorn、Sabatinelli 主要研究东洋区和古北区的丽金龟 (Sabatinelli, 1993; 1997; Zorn, 2004; 2011a)。Limbourg 更关注非洲区系 (Limbourg, 2014; 2016; 2017)。

2.2 丽金龟亚科的系统发育研究

丽金龟过去根据少量形态特征被认为是一个较明确的亚科 (Brown and Scholtz, 1998), 其与金龟科下其它亚科主要的区分特征为具有可活动且不对称的爪, 大爪通常两裂 (Arrow, 1917)。基于目前的形态学和分子证据, 通常认为丽金龟和犀金龟共同构成一支, 但各自的单系性有待明确。1982 年 Howden 结合成虫和幼虫特征构建的系统发育树中, 根据触角基节具发达刚毛, 爪基部不具齿、大小不等, 腹部气门 4~7 节近平行等特征将丽金龟和犀金龟归为一支, 而与犀金龟的区分特征较不明确。1998 年 Browne 和 Scholtz 基于翅基形态的研究, 证明犀金龟和丽金龟有 5 个共有衍征, 但通过翅基特征无法区分两个亚科。多个基于分子证据的研究, 得出了相似的结果 (Smith *et al.*, 2006; Ahrens, 2014; McKenna *et al.*, 2015)。目前尚缺乏主要基于丽金龟种类开展的系统关系研究。

目前沿用的丽金龟族级分类系统主要根据口器特征进行分类, 其中根据上唇和唇基顶部平行或垂直, 首先分为了 Rutelinae homalochilidae 和 Rutelinae orthochilidae 两类 (Ohaus, 1914), 进一步结合口器、鞘翅及足上的特征分为 6 个族, 包

括除阿丽金龟族 Alvarengiini 外的 6 族 (Ohaus, 1934; Machatschke, 1957; 1972; Bouchard *et al.*, 2011)。阿丽金龟族 Alvarengiini 发表之初在鳃金龟亚科, 后被组合至丽金龟亚科, 地位存疑。其它族级分类系统也有不少争议, 主要表现在: 喙丽金龟族 Adoretini 被认为和犀金龟的关系更近 (Smith *et al.*, 2006; Ahrens *et al.*, 2014); 丽金龟族 Rutelini 是并系的 (Jameson, 1997); 异丽金龟族 Anomalini 族种类众多, 占已知丽金龟种类的一半以上, 目前系统发育地位并不清楚。

2.3 丽金龟分类学研究问题分析

在过去的研究中, 涌现出一大批优秀的学者, 为丽金龟亚科的分类研究做出了卓越贡献。但与甲虫其它更成熟的类群相比, 当前的研究尚存在问题。总结来看, 主要包括以下几个方面: 1) 形态特征研究不足。早期的新物种研究工作主要以外形和体色描记为主, 缺少外生殖器特征记述, 后续的补充工作不足; 除了个别种类的详细形态特征研究工作外, 对丽金龟的亚科特征及各级阶元的形态特征缺乏全面的梳理。2) 高质量分类修订工作欠缺。近年来的研究依然以种类记述和地方区系研究为主, 缺乏属级及更高级阶元的修订工作, 尤其是大属和特大属的研究工作; 虽有世界性的名录, 但缺乏世界性的系统研究专著。3) 系统发育研究基础薄弱。过去的研究集中在种级, 缺乏更高级阶元的研究工作, 丽金龟亚科本身的单系性及近缘亚科的系统发育关系尚不明确; 目前丽金龟相关系统发育研究主要包含在金龟科和金龟总科的研究中, 针对丽金龟亚科的研究较少。4) 研究方法相对单一。现代形态学研究方法 (包括三维形态学及几何形态学等) 运用较少; 线粒体基因组、核基因组分析方法的应用与其他类群差距较大。

3 中国丽金龟亚科研究历史

我国丽金龟亚科昆虫记录 3 族 25 属 (亚属), 共 526 种 (亚种) (作者统计, 截至 2020 年)。其中异丽金龟族 20 属 (亚属) 471 种 (亚种), 占中国已知种类的 90%。丽金龟亚科最大的属: 异丽金龟属 *Anomala*, 占我国已知种类的一半以上。该亚科昆虫广布于我国各个省份, 以东洋区种类为主。

3.1 成虫研究工作

早期涉及中国丽金龟亚科成虫的分类研究工作主要由国外学者完成。包括 Fairmaire (1820 – 1906)、White、Reitter、Hope、Heyden 等 (Hope, 1843; White, 1844; Heyden, 1886; Fairmaire, 1886; 1887; 1888; 1896; 1900; Reitter, 1895)。目前对中国及周边地区研究较为深入为 Zorn (2004; 2006; 2007; 2011a; 2011b)。我国学者对丽金龟成虫的分类研究始于 1935 年, 主要是对名录的整理 (Wu, 1935 – 1941; Huang, 1952)。林平先生 (广东省昆虫研究所) 长期致力于丽金龟成虫的分类研究工作, 主要工作为新种描述和属级修订, 共发表丽金龟有效新种 171 种, 提出 2 新属, 出版两本重要专著, 还参与了多本丽金龟科地方区系的编写工作, 为我国丽金龟本底种类研究做出了贡献 (Lin, 1981; 1987; 1988; 1993; Lu, 2018)。

近几年, 中国科学院动物研究所的鞘翅目形态与进化研究组开展了丽金龟的分类研究, 在全面核对超过已知种 80% 的模式标本后, 初步发表了包括属级修订、新种描述、新方法在分类中的应用等方面的研究论文 (Lu *et al.*, 2018; 2019a; 2019b), 参与了相关地方志书籍等的编撰, 并首次将三维重建技术应用于丽金龟物种的分类 (Lu *et al.*, 2019a; 2019b), 该技术提供了更精确的形态学信息。此外, 国内研究者赵明智、王法磊也描述了部分新种 (Wang, 2020; Zhao and Chen, 2020)。

3.2 幼虫研究工作

幼虫和蛹的研究涉及丽金龟的生长发育过程, 大多数情况下需要室内人工饲养, 难度较大, 因此目前国内的相关研究主要集中于重要的农林业害虫, 所涉及种类较少, 约 50 种。沈阳农业大学的地下害虫研究组自 1974 年起陆续发表了《金龟子幼虫种类研究》及其续文, 该研究团队对金龟科幼虫的研究做出了重要贡献 (Zhang, 1982; 1984; Fang *et al.*, 2000; Fang *et al.*, 2018)。金龟子蛹的描述国内外有零散报道, 但主要来自发现新种时的描述或进行生物学研究时的简述 (Sun *et al.*, 1995; Fang *et al.*, 2014)。

3.3 典型地理区和生态区的多样性研究

过去在我国开展过的丽金龟地方性调查研究包括青藏高原、横断山区、长江三峡、海南省、福建省、秦岭地区、福建武夷山、浙江天目山等 (Lin, 1981; 1992; 1997; 2002a; 2002b; Lu *et al.*, 2018; 2019), 主要是本底种类的记述, 缺乏区系分布格局的研究工作, 物种丰富度和多样性情况并不清楚, 且研究范围集中于我国西南地区, 西北部和东部地区研究相对薄弱。过去的物种分类研究工作主要侧重于自然保护区, 对特定环境中的物种研究薄弱, 例如农业生态区、林业生态区、草原畜牧区等关注较少, 与实际生产存在一定的脱节现象。丽金龟作为典型的植食性昆虫 (图 4), 其危害性研究仅见于零星的记录 (Tian, 2015; Wang *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2017)。

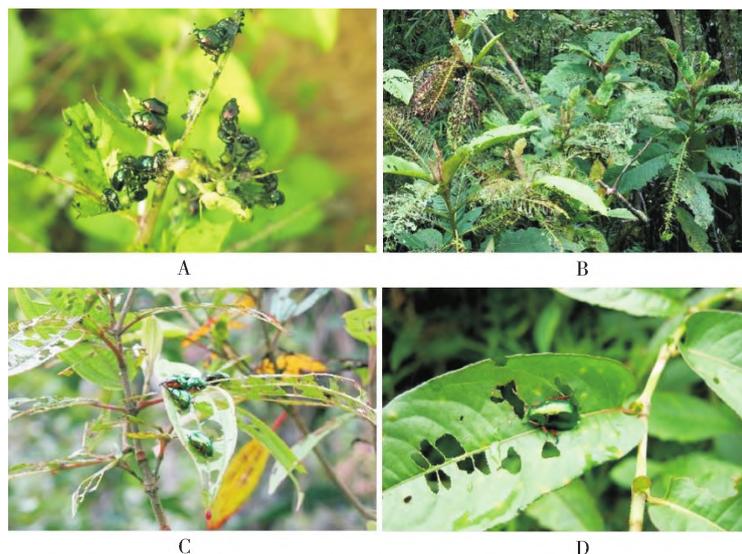


图 4 丽金龟群聚取食行为

Fig. 4 Feeding aggregation behavior of Rutelinae

注: A, 中华弧丽金龟取食豆科植物 (摄于广西); B – D, 镜背彩丽金龟取食猕猴桃科水东哥属植物 (摄于云南)。Note: A, *Popillia quadriguttata* feeding on leguminous plants, photographed in Guangxi; B, *Mimela laevicollis* feeding on the leaves of plants belong to *Saurauia*, Actinidiaceae, photographed in Yunnan.

3.4 我国相关研究存在的主要问题

经过几代研究学者的努力我国丽金龟分类研究取得了一定成果,但仍有差距,中国丽金龟种类丰富,文献资料和较全面的模式标本核对工作刚刚起步。与世界研究情况相似,我国的研究主要以新种描述为主,相关修订工作尚有较大的差距,且缺乏系统发育研究。除了共有的问题外,针对我国的研究还有以下几点问题:1) 中国丽金龟种类家底不清。缺乏已知种类名录,尚无动物志对已知种类进行梳理,仍有一定比例的新物种尚未发表,尤其是对古北区物种研究尚浅。2) 典型地理区域丽金龟的分布格局不清。针对丽金龟的区域研究工作刚刚开始,尚不清楚其在我国不同地理区的分布格局,以及不同气候区影响其种类分布的主要因子。3) 特定环境中与其他生物的相互关系研究仍为空白。如丽金龟在农业生态区等特殊环境,主要的害虫种类,以及与天敌及寄主植物关系尚未可知,尤其是常见害虫种类存在一定程度的错误鉴定问题,直接影响着农林业的害虫防治工作的开展。4) 该类群在生态系统的作用和价值并不清楚。丽金龟作为典型的植食性昆虫,其在食物网中扮演的具体角色,以及与环境之间的关系均不清楚。

4 建议及展望

通过对丽金龟亚科分类学和系统学研究工作的梳理,鉴于目前世界研究和我国研究中存在的问题,亟待对我国丽金龟亚科进行系统整理和分类订正,尤其是广布种的种类界定,早日完成丽金龟动物志的出版,为农林业相关应用研究提供方便有效的鉴定参考。即将出版的《中国甲虫名录-金龟卷》也将对我国相关种类进行详细全面的梳理,对了解我国丽金龟整体概况有重要意义。考虑到丽金龟种间形态差异小,种类多的问题,可以结合新的技术和方法,赋能传统学科寻求新的突破。形态学方面可以应用几何形态学、三维重建等技术,探索新的形态指标,进行种类的界定 (Bai *et al.*, 2014; Friedrich *et al.*, 2014; MacLeod, 2017)。针对特大属和大属问题,可运用人工智能等新技术方法,辅助种类鉴定工作,提高鉴定效率。运用支序分析的方法,结合分子生物学方法,对现有属级以上阶元进行系统发育分析,并据此探究丽金龟亚科的已有分类系统。

在物种厘定和分类系统研究基础之上,结合生物地理研究中常用的物种丰富度 (Species Richness, SR)、特有化 (Endemism, NDM) 等分析方法,开展丽金龟在我国典型地理区的分布格局研究,掌握其物种分布规律 (Li *et al.*, 2018; 2022)。作为鞘翅目中重要的植食性昆虫之一,围绕食性的演化对其进行深入地生物多样性研究,尤其关注主要害虫,重点开展特定环境 (如农业生态区) 中的主要害虫与其他物种互作研究,结合相关种类的适生区及和其他生物和非生物因素的相关性分析,进一步探究该类群在生态系统中的作用和价值。切实提高我国丽金龟研究水平,面对国家需求,面对农林业需求,为生产实践提供准确详实的基础理论资料。

参考文献 (References)

- Arrow CJ. The Fauna of British India, Including Ceylon and Burma. Coleoptera. Lamellicornia Part II (Rutelinae, Desmonycinae and Euchirinae) [M]. London: Taylor & Francis, 1917: 1-387.
- Bai M, Yang XK, Li J, *et al.* Geometric Morphometrics, a super scientific computing tool in morphology comparison [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2014, 59 (10): 887-894. [白明, 杨星科, 李静, 等. 几何形态学: 关于形态定量比较的科学计算工具 [J]. 中国科学通报, 2014, 59 (10): 887-894]
- Blanchard CE. Ier Famille - Scarabaeidae. [new taxa]. In: Milne-Edwards H, Blanchard CÉ, Lucas H, eds. Catalogue de la Collection Entomologique du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. Classe des Insectes. Ordre des Coléoptères. Tome 2 [C]. Paris: Gide et Baudry, 1851: 129-240.
- Bouchard P, Bousquet Y, Davies AE, *et al.* Family - group names in Coleoptera (Insecta) [J]. *ZooKeys*, 2011, 88: 1-972.
- Browne J, Scholtz CH. Evolution of the scarab hindwing articulation and wing base: A contribution toward the phylogeny of the Scarabaeidae (Scarabaeoidea: Coleoptera) [J]. *Systematic Entomology*, 1998, 23 (4): 307-326.
- Dirk A, Julia S, Alfred PV. The evolution of scarab beetles tracks the sequential rise of angiosperms and mammals [J]. *Proceedings of the Royal Society B*, 2014, 281 (1791): 20141470.
- Fairmaire L. Coléoptères de l'Inde boréale, Chine et Malaisie [J]. *Notes of the Leyden Museum*, 1896, 18: 81-129.
- Fairmaire L. Coléoptères de l'intérieur de la Chine [J]. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 1887, 31: 87-136.
- Fairmaire L. Descriptions de Coléoptères de l'intérieur de la Chine [J]. *Annales de la Société Entomologique de France*, 1886, 6 (6): 303-356.
- Fairmaire L. Descriptions de Coléoptères nouveaux recueillis en Chine par M. De Latouche [J]. *Annales de la Société Entomologique de France*, 1900, 68 (1899): 616-643.
- Fairmaire L. Notes sur les Coléoptères des environs de Pékin (2e partie)

- [J]. *Revue d'Entomologie*, 1888, 7: 111 – 160.
- Fang H, Hu JY, Gao CB, *et al.* Pupae morphology of four species of Rutelinae from China (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2014, 45 (3): 279 – 283. [方红, 胡佳媛, 高传部, 等. 中国 4 种丽金龟蛹的分类研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2014, 45 (3): 279 – 283]
- Fang H, Li C, Jiang L. Morphology of the immature stages of *Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse, 1875 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Adoretini) [J]. *Journal of Asia – Pacific Entomology*, 2018, 21 (4): 1159 – 1164.
- Fang H, Zhang ZL, Wang Y. Study on species of scarabs larvae IV [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2000, 31 (5): 511 – 514. [方红, 张治良, 王宇. 金龟子幼虫种类研究 IV [J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31 (5): 511 – 514]
- Friedrich F, Zatsumura Y, Pohl H, *et al.* Insect morphology in the age of phylogenomics: Innovative techniques and its future role in systematics. [J]. *Entomological Science*, 2014, 17 (1): 1 – 24.
- Heyden LFJDV. Beiträge zur Coleopteren – Fauna von Pecking in Nord – China [J]. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 1886, 30: 281 – 292.
- Hope FW. Descriptions of the coleopterous insects sent to England by Dr. Cantor from Chusan and Canton, with observations on the entomology of China [J]. *The Annals and Magazine of Natural History*, 1843, 11: 62 – 66.
- Howden HF. Larval and adult characters of *Frickius* Germain, its relationship to the Geotrupini, and a phylogeny of some major taxa in the Scarabaeoidea (Insecta, Coleoptera) [J]. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, 1982, 60 (11): 2713 – 2724.
- Hua LZ. List of Chinese Insects, Vol. II [M]. Guangdong: The Publishing Company of Zhong Shan University, 2002: 169 – 177. [华立中. List of Chinese Insects, Vol. II [M]. 广东: 中山大学出版社, 2002: 169 – 177]
- Huang KX. List of recorded species of Chinese Scarabaeidae, (A supplement to Wu's catalogus insectorum sinensium) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1952, 2: 136 – 154. [黄可训. 中国金龟子科名录胡氏“中国昆虫目录补遗” [J]. 昆虫学报, 1952, 2: 136 – 154]
- Jameson ML, Hawkins SJ. Synopsis of the genera of Geniatiini (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) with an annotated catalog of species [J]. *Zootaxa*, 2005, 874 (1): 1 – 76.
- Jameson ML. Phylogenetic analysis of the subtribe Rutelina and revision of the *Rutela* generic groups (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Rutelini) [J]. *Bulletin of the University of Nebraska State Museum*, 1997, 14: 1 – 184.
- Krajčák M. Checklist of Scarabaeoidea of the World 2. Rutelinae (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) (Anima. X – Supplement 4) [M]. Plzen, Czech Republic, 2007, 1 – 141.
- Krell FT. The fossil record of Mesozoic and Tertiary Scarabaeoidea (Coleoptera: Polyphaga) [J]. *Invertebrate Systematics*, 2000, 14 (6): 871 – 905.
- Latreille PA. Histoire Naturelle, Générale et Particulière des Crustacés et des Insectes. Ouvrage Faisant suite aux Oeuvres de Leclerc de Buffon, et Partie du cours Complet d'Histoire Naturelle Rédigé par C. S. Sonnini, Membre de Plusieurs Sociétés Savantes. Familles Naturelles des Genres. Tome Troisième [M]. Paris: F. Dufart, 1802, 1 – 467.
- Li JJ, Huang XL. Progress and perspectives on insect biogeography in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77 (1): 133 – 149. [李俊洁, 黄晓磊. 中国昆虫生物地理学进展与展望 [J]. 地理学报, 2022, 77 (1): 133 – 149]
- Li JJ, Huang XL. Progresses on insect diversity patterns in China [J]. *Wuyi Science Journal*, 2018, 34: 3 – 15. [李俊洁, 黄晓磊. 中国昆虫多样性格局研究进展 [J]. 武夷科学, 2018, 34: 3 – 15]
- Limbourg P. Contribution to the knowledge of Afrotropical Rutelinae III (Coleoptera, Scarabaeoidea, Melolonthidae) [J]. *Belgian Journal of Entomology*, 2014, 17: 3 – 33.
- Limbourg P. Contribution to the knowledge of Afrotropical Rutelinae IV (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) [J]. *Belgian Journal of Entomology*, 2016, 38: 1 – 42.
- Limbourg P. Contribution to the knowledge of Afrotropical Rutelinae V: Eight new species of *Adoretus* Laporte, 1840 (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) [J]. *Belgian Journal of Entomology*, 2017, 52: 1 – 31.
- Lin P. A Systematic Revision of the China *Mimela*: (Coleoptera: Rutelidae) [M]. Guangdong: The Publishing Company of Sun Yat-sen University, 1993: 1 – 106. [林平. 中国彩丽金龟属志 [M]. 广东: 中山大学出版社, 1993: 1 – 106]
- Lin P. Coleoptera: Rutelidae. In: Huang BK, ed. The Series of the Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai – Xizang Plateau. Insects of Xizang. Volume 1 [C]. Beijing: Science Press, 1981: 355 – 387. [林平. 鞘翅目: 丽金龟科. 见: 黄邦侃主编. 西藏昆虫. 第一卷 [C]. 北京: 科学出版社, 1981: 355 – 387]
- Lin P. Coleoptera: Rutelidae. In: Huang FS, ed. Forest Insects of Hainan [C]. Beijing: Science Press, 2002a: 345 – 355. [林平. 鞘翅目: 丽金龟科. 见: 黄复生主编, 海南森林昆虫 [C]. 北京: 科学出版社, 2002a: 345 – 355]
- Lin P. Coleoptera: Rutelidae. In: Tibetan Plateau Comprehensive Research Team, CAS. Insects of the Hengduan Mountains region. Volume 1 [C]. Beijing: Science Press, 1992: 503 – 524. [林平. 鞘翅目: 丽金龟科. 见: 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 横断山区昆虫. 第一卷 [C]. 北京: 科学出版社, 1992: 503 – 524.]
- Lin P. Coleoptera: Rutelidae. In: Yang XK, ed. Insects of the Three Gorge Reservoir Area of Yangtze River. Part I [C]. Chongqing: Chongqing Publishing House, 1997: 796 – 804. [林平. 鞘翅目: 丽金龟科. 见: 杨星科主编, 长江三峡库区昆虫. 上 [C]. 重庆: 重庆出版社, 1997: 796 – 804]
- Lin P. Ilustritaj Cinaj Insekt – Faunoj: I, The *Popillia* of China [M]. Shaanxi: Tianze Eldonejo, 1988: 1 – 71. [林平. 中国弧丽金龟属志 [M]. 陕西: 天泽出版社, 1988: 1 – 71]
- Lin P. Rutelidae. In: Huang BK, ed. Fauna of Insects of Fujian

- Province of China. Volume 6 [C]. Fuzhou: Fujian Science & Technology Press, 2002b; 387–427. [林平. 丽金龟科. 见: 黄侃主编, 福建省昆虫志. 第六卷 [C]. 福州: 福建科学技术出版社, 2002b; 387–427]
- Lin P. Three new species of *Popillia* from the Himalayan Region (Coleoptera, Rutelidae) [J]. *Entomotaxonomia*, 1987, 9: 195–200. [林平. 喜马拉雅地区弧丽金龟属三新种 (鞘翅目: 丽金龟科) [J]. 昆虫分类学报, 1987, 9: 195–200.]
- Lin P. Two new species of Rutelidae from South China (Coleoptera) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1979, 22: 184–187. [林平. 丽金龟科二新种 [J]. 昆虫学报, 1979, 22 (2): 184–187.]
- Lu YY, Bai M, Yang XK. III. Scarabaeoidea. 14 Scarabaeidae. (5) Rutelinae. In: Yang XK, ed. Insect Fauna of the Qingling Mountains. Coleoptera (1) [C]. Xi'an: World Publishing Corporation, 2018: 399–414. [路园园, 白明, 杨星科. III. 金龟总科. 14 金龟科. (5) 丽金龟亚科. 见: 杨星科主编. 秦岭昆虫志. 鞘翅目 (1) [C]. 西安: 世界图书出版有限公司, 2018: 399–414.]
- Lu YY, Bai M, Yang XK. XII. Scarabaeidae. Rutelinae. In: Yang XK, ed. Fauna of Tianmu Mountain. Volume VI [C]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2019: 145–153. [路园园, 白明, 杨星科. XII. 金龟科. 丽金龟亚科. 见: 杨星科主编. 天目山昆虫志. 第六卷 [C]. 杭州: 浙江大学出版社, 2019: 145–153]
- Lu YY, Bai M. XII. Rutelinae MacLeay, 1819. In: Bai M, ed. The Scarabaeoidea of Wuyi Mountain [C]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2020: 96–130. [路园园, 白明. 丽金龟亚科. 见: 白明主编. 武夷山金龟志 [C]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2020: 96–130]
- Lu YY, Yang HD, Bai M. Micro CT approach applied in taxonomy: An example on the species *Melanopopillia hainanensis* (Coleoptera: Scarabaeidae) [J]. *Zoological Systematics*, 2019b, 44 (4): 294–303.
- Lu YY, Zorn C, Král D, et al. Description of *Callistethus hamus* sp. nov. (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) from continental Southeast Asia using synchrotron to illustrate the aedeagus [J]. *ZooKeys*, 2019a, 881: 1–11.
- Lu YY, Zorn C, Král D, et al. Taxonomic revision of the genus *Glenopopillia* (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) [J]. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 2018, 58 (2): 297–320.
- Lu YY. Taxonomic Study on Rutelinae of China (Coleoptera: Scarabaeidae) [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2018. [路园园. 中国丽金龟亚科分类学研究 (鞘翅目: 金龟科) [D]. 北京: 中国科学院大学, 2018]
- Machatschke JW. Coleoptera, Lamellicornia, fam. Scarabaeidae, subfam. Rutelinae II [J]. *Genera Insectorum*, 1957, 199 (B): 1–219.
- Machatschke JW. Eine neue *Anomala* aus Athiopien. (Coleoptera: Lamellicornia, Melolonthidae, Rutelinae, Anomalini) [J]. *Entomologische Arb Mus Georg Frey*, 1973, 24: 249–254.
- Machatschke JW. Rutelinae III [J]. *Genera Insectorum*, 1965, 199 (B): 1–145.
- MacLeay WS. Horae Entomologicae: Or Essays on the Annulose Animals. Containing General Observations on the Geography, Manners, and Natural Affinities of the Insects Which Compose the Genus *Scarabaeus* of Linnaeus; to Which are Added a Few Incidental Remarks on the Genera *Lucanus* and *Hister* of the Same Author. With an Appendix and Plates. Vol. 1. Part I [M]. London: S. Bagster, 1819: 1–160.
- MacLeod N. Morphometrics: History, development methods and prospects [J]. *Zoological Systematics*, 2017, 42 (1): 4–33.
- Mckenna DD, Farrell BD, Caterino MS, et al. Phylogeny and evolution of Staphyliniformia and Scarabaeiformia: Forest litter as a stepping stone for diversification of nonphytophagous beetles [J]. *Systematic Entomology*, 2015, 40 (1): 35–60.
- Meinecke CC. Olfactory sensilla and systematics of Lamellicornia (Insecta, Coleoptera) [J]. *Zoomorphologie*, 1975, 82: 1–42.
- Moore MR, Jameson ML, Garner BH, et al. Synopsis of the pelidnotine scarabs (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae, Rutelini) and annotated catalog of the species and subspecies [J]. *Zookeys*, 2017, 666 (11): 1–349.
- Morón MA, Nogueira G. Additions and updating in the Anomalini (Coleoptera: Melolonthidae, Rutelinae) of the Mexican Transition Zone (II) [J]. *Folia Entomologica Mexicana*, 2002, 41: 31–56.
- Morón MA, Nogueira G. Third stage larva and pupa of *Paraheterosternus lueddeckei* (Becker) (Coleoptera: Melolonthidae; Rutelinae) [J]. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 2000, 73 (1): 62–67.
- Ohaus F. Rutelinae I [J]. *Genera Insectorum P Wytzman*, 1934, 199A: 1–172.
- Ohaus F. Scarabaeidae; Euchirinae, Phaenomerinae, Rutelinae [J]. *Coleopterorum Catalogus*, 1918, 20: 1–241.
- Potter DA, Held DW. Biology and management of the Japanese beetle [J]. *Annual Review of Entomology*, 2002, 47: 175–205.
- State General Administration of the People's Republic of China for Quality Supervision and Inspection and Quarantine. Quarantine and identification method of Japanese scarabs: SN/T 1370–2016 [S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing & Media Co., Ltd, 2017. [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 日本金龟子检疫鉴定方法: SN/T 1370–2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017]
- Reitter E. Einige neue Coleopteren aus Korea und China [J]. *Wiener Entomologische Zeitung*, 1895, 14: 208–210.
- Sabatinelli G. Nuovo *Adoretosoma*, *Anomala*, *Callistethus*, *Ischnopopillia* e *Mimela* dell'Himalaya e del Sud–Est Asiatico [J]. *Lambillionea*, 1997, 47: 242–258.
- Sabatinelli G. Taxonomic notes on thirty oriental and palearctic species of the genus *Popillia* (Coleoptera, Scarabaeoidea, Rutelidae) [J]. *Fragmenta entomologica*, 1993, 25 (1): 95–116.
- Sabatinelli G. Tre nuovi Rutelinae dell'Himalaya (Coleoptera, Scarabaeoidea, Melolonthidae) [J]. *Entomologica Basiliensia*, 1991, 14: 395–402.
- Schoolmeesters P. World Scarabaeidae Database. In: Bánki O, Roskov Y, Döring M, et al. eds. Catalogue of Life Checklist (Version

- 2021-12-13) [C]. 2021. <https://doi.org/10.48580/d4tm-38g>
- Smith ABT, Hawks DC, Heraty JM. An overview of the classification and evolution of the major scarab beetle clades (Coleoptera; Scarabaeoidea) based on preliminary molecular analyses [J]. *Coleopterists Society Monographs Patricia Vaurie Series*, 2006, 5: 35-46.
- Smith ABT, Paucar CA. Taxonomic review of *Platycoelia lutescens* (Scarabaeidae: Rutelinae: Anoplognathini) and a description of its use as food by the people of the Ecuadorian highlands [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2000, 93 (3): 408-414.
- Sun DX, Cheng H, Zhang ZL. Classification of the pupae of chafer (Ⅲ) (Coleoptera; Scarabaeoidea) [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 1995, 26 (1): 68-71. [孙德旭, 程浩, 张治良. 丽金龟蛹分类研究 (Ⅲ) (鞘翅目: 金龟总科) [J]. 沈阳农业大学学报, 1995, 26 (1): 68-71]
- Tian G. Damage degree of *Adoretus sinicus* adult to different plants [J]. *Forest Pest and Disease*, 2015, 34 (1): 29-32. [田龚. 中喙丽金龟成虫对不同植物种类的危害程度 [J]. 中国森林病虫, 2015, 34 (1): 29-32]
- Wang FL. Nine new species of the genus *Anomala* (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) from China [J]. *Kogane*, 2020, 23: 61-75.
- Wang LL, Liu YM, Sun YL, et al. Investigation on damage caused by *Adoretus sinicus* Burmeister on lotus (*Nelumbo nucifera*) and other crops in Hubei Province [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*. 2015, 24: 23-26. [王利丽, 刘义满, 孙亚林, 等. 湖北地区中华喙丽金龟对莲等作物的为害调查研究 [J]. 长江蔬菜, 2015, 24: 23-26]
- White A. Descriptions of some new species of Coleoptera and Homoptera from China [J]. *The Annals and Magazine of Natural History*, 1844, 14: 422-426.
- Wu CF. *Catalogus Insectorum Sinensium* [M]. Peiping: The Fan Memorial Institute of Biology, 1935-1941: 1053-1076.
- Yang HY, Ma J, Wang DL. Risk assessment of *Phyllopertha horticola* Linnaeus in Huangyuan County [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2017, 10: 132-133, 136. [杨海燕, 马娟, 王栋林. 渥源县庭院丽金龟的风险评价 [J]. 现代农业科技, 2017, 10: 132-133, 136]
- Zhang JF, Sun B, Zhang XY. Miocene Insects and Spiders from Shanwang, Shandong [M]. Beijing: Science Press, 1994: 103-111. [张俊峰, 孙博, 张希雨. 山东山旺中新世昆虫与蜘蛛 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 103-111]
- Zhang JF. Fossil Insects from Shanwang, Shandong, China [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Publishing House, 1989: 1-459. [张俊峰. 山旺昆虫化石 [M]. 山东科学技术出版社, 1989: 1-459]
- Zhang ZL. Economic Insect Fauna of China (Coleoptera; Scarabaeoidea Larvae) (Fasc. 28) [M]. Beijing: Science Press, 1984: 1-107. [张芝利. 中国经济昆虫志 (鞘翅目: 金龟总科幼虫) (第二十八册) [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 1-107]
- Zhang ZL. Study on species of Scarabs larvae III [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 1982, 1: 87-103. [张治良. 金龟子幼虫种类研究 III [J]. 沈阳农学院学报, 1982, 1: 87-103]
- Zhao MZ, Chen CC. On the occurrence of some Anomalini in China (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) [J]. *Kogane*, 2020, 23: 57-60.
- Zorn C. New species of the genus *Anomala Samouelle* from mainland South East Asia and South China (Coleoptera; Scarabaeidae; Rutelinae) [J]. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie A (Biologie)*, 2011b, 4: 297-312.
- Zorn C. Scarabaeidae; Rutelinae; Anomalini. In: Löbl I, Smetana A, eds. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 3 [C]. Stenstrup: Apollo Books, 2006: 251-276.
- Zorn C. Taxonomic revision of the *Anomala cuprascens* species group of Sulawesi and the Papuan Region. The species with a bidentate protibia (Coleoptera; Scarabaeidae; Rutelinae). In: Telnov D, ed. *Biodiversity, Biogeography and Nature Conservation in Wallacea and New Guinea*. Volume I [C]. The Entomological Society of Latvia, 2011a: 351-428.
- Zorn C. Taxonomic revision of the *Anomala cuprascens* - species group of Sulawesi and the Papuan Region; The species with unidentate protibiae (*A. chlorotica* - subgroup) (Coleoptera; Scarabaeidae; Rutelinae) [J]. *Arthropod Systematics and Phylogeny*, 2007, 65: 25-71.
- Zorn C. Taxonomical acts initiated during the preparation of the part of Rutelinae, tribe Anomalini (Coleoptera; Scarabaeidae) of the "Catalogue of Palaearctic Coleoptera" [J]. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 2004, 68: 301-328.