

雄尾螨科分类学与生物学研究进展*

盛雅琴** 金道超*** 郭建军

(贵州山地农业病虫害重点实验室 贵州大学昆虫研究所 贵阳 550025)

Advances in study on taxonomy and biology of Arrenuridae. SHENG Ya-Qin**, JIN Dao-Chao***, GUO Jian-Jun (The Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Institute of Entomology of Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract The Arrenuridae is one of the bigger families in the Hydrachnidia superfamily Arrenuroidea. Taxonomic research on this family has been very active around the world in recent years. However, the systematic position of some genera remains unresolved, and the fauna of most countries and regions, including China, needs to be investigated with systematic and biological understanding of the family. This paper summarizes the historical development and present progress in taxonomic research on the higher taxa of the Arrenuridae and introduces the main bionomic features of this group.

Key words water mite, Arrenuridae, taxonomy, biology characteristic

摘 要 雄尾螨科 Arrenuridae 是水螨群 Hydrachnidia 雄尾螨总科 Arrenuroidea 较大类群之一,目前世界区系的分类学研究活跃,但属级阶元的分类尚有分歧,包括中国在内的许多国家和地区对该类群的系统学和生物学特性尚待深入研究。本文总结和讨论了雄尾螨科分类学尤其高级阶元分类的历史沿革、现状和趋势,并对其主要生物学习性作了介绍。

关键词 水螨,雄尾螨科,分类学,生物学特性

雄尾螨科 Arrenuridae 隶属于蜱螨亚纲 Acari,辐螨总目 Actinotrichida,前气门目 Prostigmata,寄殖螨亚目 Parasitengona,水螨群 Hydrachnidia,雄尾螨总科 Arrenuroidea^[1]。该科广泛分布于世界动物地理区划的 6 个区,就现有已知种而言,各动物地理区均有特有属种,栖于各种类型的静水和流水水域,幼期多为寄生性,若螨和成螨期自由生活、捕食性,喜栖于水生植物,有的栖于水藻上^[2]。本文记述雄尾螨科高级阶元分类研究发展历程、现状和雄尾螨科生物学特性。

1 雄尾螨科分类研究进展

雄尾螨科的分类学研究可以追溯到 19 世纪前期,首先是法国学者 Dugès 于 1834 年记述青绿雄尾螨 *Arrenurus viridis* Dugès, 1834,并以之为模式种建立雄尾螨属 *Arrenurus* Dugès, 1834。直到 1900 年,挪威学者 Thor 才以雄尾

螨属为模式属建立雄尾螨科 Arrenuridae Thor, 1900,并同时建立了雄尾螨总科 Arrenuroidea Thor, 1900。

1.1 雄尾螨科高级阶元分类沿革

自 Thor 于 1900 年建立雄尾螨科后,该科的研究也日渐趋于活跃,其属级分类单元也相继建立。按广泛采用的 Cook 氏分类系统^[3],雄尾螨科分为 2 个亚科,即亚非雄尾螨亚科 Africasiinae 和雄尾螨亚科 Arrenurinae,各亚科分类沿革简况如下。

1.1.1 亚非雄尾螨亚科 Africasiinae 亚非雄尾螨亚科分布在非洲、亚洲的部分地区。由于受各方面因素的影响,该亚科高级分类单元的

* 资助项目:国家自然科学基金项目(30070103)。

**E-mail:yaqin02142008@163.com

***通讯作者,E-mail:daochoajin@126.com

收稿日期:2009-11-11,修回日期:2010-04-01

发展相对缓慢一些。Viets 于 1913 年记述采自喀麦隆的 *Mundamella arrhenuripalpis* Viets, 1913, 1931 年 Viets 对其修订, 以其为模式种建立了亚非雄尾螨属 *Africasia* Viets, 1931。直到 1974 年才由 Cook 以亚非雄尾螨属为模式属, 建立了亚非雄尾螨亚科 *Africasiinae* Cook, 1974。

迄今为止, 亚非雄尾螨属是该亚科内的唯一属, 目前本属仅只约 13 种。

1.1.2 雄尾螨亚科 *Arrenurinae* 与亚非雄尾螨亚科不同, 雄尾螨亚科是世界广布种类, 在各大地理区系均有记载。雄尾螨亚科分类沿革经历了一个复杂漫长的历史过程。以年代次序为线索, 该亚科属及亚属单元的建立年代及沿革为:

(1) 雄尾螨属 *Arrenurus*: 雄尾螨属由 Duges 于 1834 年建立, 该属种类丰富, 体态多样, 有 11 亚属, 是亚属单元最多的属。

1901 年 Thor 首次建立雄尾螨属的亚属单元, 将其分为两个亚属, 除指名亚属即雄尾螨亚属外, 以克氏秃尾雄尾螨 *A. (Tuncaturus) knauthei* Koenike, 1901 为模式种建立了秃尾雄尾螨亚属 *Tuncaturus* Thor, 1901。

1907 年 Koenike 以微小雄尾螨 *Arrhenurella minima* Daday, 1907 为模式种建立达氏雄尾螨属 *Dadayella* Koenike, 1907, 由于该属是以雌螨建立的属, 后来被 Viets 修订为雄尾螨属达氏雄尾螨亚属。

1911 年 Viets 建立了 2 个亚属: 以球雄尾螨 *A. globator* Muller, 1776 和钳尾雄尾螨 *A. forcipatus* Neuman, 1880 为模式种, 分别建立了大尾雄尾螨亚属 *Megaluracarus* Viets, 1911 和小尾雄尾螨亚属 *Micruracarus* Viets, 1911。

1916 年 Viets 以卷尾雄尾螨 *Rhinophoracarus praeacutus* Viets, 1916 为模式种, 建立了鼻雄尾螨属 *Rhinophoracarus* Viets, 1916, 但是由于当时仅知雌螨, 综合现知的雌螨和雄螨特征衡量, 雌螨特征不足显示其达属级水平, 所以, 金道超 (1993) 将其修订为雄尾螨属的亚属^[4]。

Viets 于 1954 年建立了 2 个亚属: 原记述以 *A. (Arrenhenuropsis) parviscutatus* (Viets, 1954) 为模式种建立仿雄尾螨属 *Arrhenuropsides* Viets, 1954, 但是由于其背板特征等与其他亚属平行, Cook^[3] 将其修订为亚属单元; 以 *A. (Arrenhenuropsis) curvipalpis* (Viets, 1954) 为模式种建立拟雄尾螨属 *Arrhenuropsis* Viets, 1954, 但是有一些学者认为该属由于只有雌螨, 且雌螨特征不能充分显示属水平上的差异, 所以真实分类地位尚难以确定, 认为其应作为亚属单元^[4]。

Cook 于 1980 年以戈尔佛托雄尾螨 *A. (Stygarrenurus) golfitensis* Cook, 1980 为模式建立的脊背雄尾螨亚属 *Stygarrenurus* Cook, 1980。

1997 年 Smit 建立了 2 个亚属: 以 *A. bicornutus* Piersig, 1898 为模式种建立短臀雄尾螨亚属 *Brevicaudaturus* Smit, 1997; 以 *A. tripartitus* Smit, 1997 为模式种建立了分尾雄尾螨亚属 *Dividuracarus* Smit, 1997。

此外, 雄尾螨属中还有一些种类因其形态特征的特殊性, 尚未归入到上述亚属中。

(2) 方胸雄尾螨属 *Thoracophoracarus*: 该属含 3 个亚属。

Viets 于 1914 年以方胸拟雄尾螨 *T. arrhenurioides* Viets, 1914 为模式种, 建立方胸雄尾螨属 *Thoracophoracarus* Viets, 1914 和方胸雄尾螨亚属 *Thoracophoracarus* Viets, 1914。

1942 年 Viets 以长柄方胸雄尾螨 *T. petioluriger* Viets, 1942 为模式种建立了柄方胸雄尾螨亚属 *Thoracophorrurus* Viets, 1942。

1988 年 Cook 以智利异方胸雄尾螨 *T. chilensis* Cook, 1988 为模式种建立的异方胸雄尾螨亚属 *Xenthoracaphorus* Cook, 1988。

(3) 伍氏雄尾螨属 *Wuria*: 1916 年 Viets 以镰毛伍氏雄尾螨 *W. falciseta* Viets, 1916 为模式种, 建立了伍氏雄尾螨属 *Wuria* Viets, 1916。

(4) 短尾雄尾螨属 *Micruracarpis*: 1939 年 Viets 以树水雄尾螨 *A. (Micruracarpis) phytotelmaticola* (Viets, 1939) 为模式种, 建立

了短尾雄尾螨亚属 *Micruracaropiss* Viets, 1935。但因其须肢结构与其他属显著不同等形态特征,认为应升至属级,为短尾雄尾螨属^[4]。

(5) 尾孔雄尾螨属 *Hamappendix*: 1952 年 Walter 和 Bader 以查普尾孔雄尾螨 *H. chappuisi* Walter et Bader, 1952 为模式种建立了尾孔雄尾螨属 *Hamappendix* Walter et Bader, 1952。

(6) 盖古雄尾螨属 *Protoarrenurus*: 1957 年 Cook 以化石标本建立盖古雄尾螨属 *Protoarrenurus* Cook, 1957, 模式种为斑点盖古雄尾螨 *P. convergens* Cook, 1957, 该化石是 Cook 描述的中新世岩层中的幼螨化石。

(7) 异雄尾螨属 *Allarrenurus*: 1961 年 Viets 以 *A. pudens* Koenike, 1898 为模式种建立了异雄尾螨属 *Allarrenurus* Viets, 1961。

(8) 菱孔雄尾螨属 *Rhomborificias*: 1993 年金道超和李隆术以采自云南的临沧菱孔雄尾螨 *R. lincangensis* Jin et Li, 1993 为模式种建立了菱孔雄尾螨属 *Rhomborificias* Jin et Li, 1993。

截至目前,全世界记述雄尾螨科分 2 亚科, 9 属, 14 亚属, 900 种左右^[3, 5-9]。

为维持分类系统的稳定性和一致性,雄尾螨科高级阶元的分类仍然广泛沿用 Cook 的分类系统,上述对高级分类阶元分类沿革的介绍也喻示了雄尾螨科区系分类研究非常活跃,但是目前,各属和亚属级分类单元的建立还是主要依靠传统形态学方法,很大程度上属于人为的分类系统,并非属于自然单元。所以,针对某些属级和亚属级单元的分类地位,仍有学者持不同意见。另外,对雄尾螨科的系统发育分析及起源中心等问题国际上研究较少。笔者认为只有随着各水螨区系分类研究的不断深入,新的分类阶元进一步被描述,同时运用分子生物学和计算机科学等方法深入研究该科系统发育问题,高级阶元中一些争议单元的分类地位才能逐渐明晰。

1.2 中国雄尾螨科区系研究史况

与国外研究历史相比,我国雄尾螨科区系调查和区系研究起步较晚,大致可分为早期阶段和近代阶段这两个阶段。

1.2.1 早期阶段(1950 年以前) 中国雄尾螨区系的研究在 20 世纪前半叶均为外国学者,最早是美国水螨分类先驱之一 Marshall 于 20 年代初期先后描述了采自中国的雄尾螨属 4 种,其中包括 3 个新种:亚洲雄尾螨 *A. asiaticus* Marshall, 1919, 杰出雄尾螨 *A. distinctus* Marshall, 1919, 苏州雄尾螨 *A. soochowensis* Marshall, 1919 和吉氏雄尾螨 *A. geei* Marshall, 1921。其中吉氏雄尾螨后来被厘定为小尾雄尾螨亚属的马氏雄尾螨 *A. (Micruracarus) madaraszii* Daday, 1898 的异名。

1923 年瑞士著名学者 Walter 描述了由 Weigold 采自广东的 3 个种:尖额雄尾螨 *A. aculeatiprons* Piersig, 1906, 棕林雄尾螨 *A. palemkangensis* Piersig, 1906 及新种伟氏雄尾螨 *A. weigoldi* Walter, 1923。但是,伟氏雄尾螨的亚属地位一直没有确定。

1928 年 Marshall 再次记述了采自苏州的水螨,其中雄尾螨 2 种:棕林雄尾螨 *A. palemkangensis* Piersig, 1906 及新种鱼尾雄尾螨 *A. pisciaudapetiolatus* Marshall, 1928。

1930—1931 年间,Bohling 从敦煌附近和北戴河地区采回水螨标本,瑞士著名水螨分类学家 Lundblad 鉴定后,于 1936 年进行描述,其中有雄尾螨 1 种:青足雄尾螨 *A. (Arrenurus) cyanipes* (Lucas, 1846)。

日本学者 Uchida 和 Imamura 在 1940 年对中国水螨区系研究中都记述了雄尾螨科,共 11 种。1943 年底,日本学者 Imamura 在湖北武昌附近一些池塘和湖南岳阳附近一池塘各采集一次,后来记述所获水螨 21 种^[10],其中亦含 Uchida^[11] 曾报道的苏州雄尾螨 *A. (Micruracarus) soochowensis* Marshall, 1921, 小田雄尾螨 *A. (Arrenurus) agrionicolus* Uchida, 1937, 杰出雄尾螨 *A. (A.) distinctus* Marshall, 1919, 拟邻雄尾螨 *A. (A.) pseudoaffinis* Piersig, 1906, 东方雄尾螨 *A. (A.) orientalis* Daday, 1898, 狭尾雄尾螨 *A. (M.) forpicatoides* Landlady, 1941, 弯额雄尾螨 *A. (M.) gibberifrons* Piesig, 1906, 马氏雄尾螨 *A. (M.)*

样有极为复杂的生活史,个体发育包括卵,前幼螨,幼螨,若螨,成螨5个生活时期。其中若螨又可分为2~3个时期,即第1若螨,第2若螨和第3若螨^[25]。在前幼螨期、第1若螨和第3若螨期会减少活动,不取食,出现一个停滞期。第2若螨和成螨为营自由生活的捕食者,在低氧或食物缺少等不利环境下,某些种类会降低新陈代谢的速率及运动性,体表分泌一些物质,防止被其他生物捕食^[26]。

个体发育历期取决于温度及其他外界环境条件,每个种的生活与其自身寄生习性有关。胚胎发育须为受精卵,卵一般单产或块产,卵块由胶质膜包裹,产于水底底物的表面,如岩石和植物的表面;少数种类产卵于活体水生植物的组织内^[25]。*A. cuspidator* 雄螨生存3~4个月,雌螨可生活1~3年;*A. buccinator* 雄螨可生活1年,雌螨则可生活2年^[27]。

2.2 幼螨取食方式

雄尾螨科的幼螨主要以分解的寄主组织和淋巴液为食^[28-30]。幼螨在寄主表皮进行叮刺或吮吸时,先以螯肢爪刺入宿主表皮,然后注入唾液,寄主组织受溶组织酶的作用,上皮细胞、胶原纤维及蛋白发生变性,出现凝固性坏死,宿主会产生免疫反应,在唾液周围形成一个环圈,继而往纵深发展形成一条不分叉的,末端封闭的小吸管,通到幼螨口中,成为口茎(stylostome),被分解的组织 and 淋巴液通过口茎进入幼虫消化道^[28,30-32]。

作为雄尾螨科里的较大类群,雄尾螨属幼螨形成的口茎又细又长,并且因为种类的不同,长度、宽度及外部形态也呈现多样性。

寄主在幼螨形成口茎时对口茎的免疫反应也会因雄尾螨科种的不同而呈现不同的反应,例如同一种寄主会在巨雄尾螨 *A. (A.) major*,聚雄尾螨 *A. (A.) compactilis* 等种的口茎基部产生免疫反应,但对拟靛雄尾螨 *A. (A.) pseudosuperior* 却不产生免疫反应^[33]。

2.3 携播及寄生

雄尾螨幼螨主要寄生在鞘翅目、蜻蜓目、双翅目昆虫成虫和幼虫体表上,很多学者做过相

关研究,但主要将研究对象集中在寄主本身^[31,34-36],而对于寄主身上的这些雄尾螨究竟是寄生还是携播以及雄尾螨幼螨与被寄生或附着昆虫之间的关系很少涉及。

2006年,波兰学者 Zawal^[37]对在 Binowskie 湖采集到的蜻蜓目(共计34种)2349头成虫,805头幼虫,395头皮蛻上的雄尾螨做了初步统计,并对雄尾螨属幼螨与蜻蜓目幼虫、皮蛻和成虫之间的关系做了详细的描述。统计结果表明:雄尾螨属幼螨对蜻蜓目幼虫、皮蛻及成虫均可寄生及携播,对寄主种类及寄生或携播部位均具有选择性,并且寄生螨和携播螨可以在一头寄主身上同时出现。

随着蜻蜓种类的不同,幼虫及成虫身体上携播螨及寄生螨的附着率与寄生率也不相同,雌幼虫比雄幼虫更容易被附着或寄生,在蜻蜓目幼虫中携播螨数量占雄尾螨属总量的25.8%,其携播及寄生的部位主要集中于胸、腹部及腿节上。对于蜻蜓目皮蛻,雄尾螨属中的寄生螨和携播螨主要寄生或附着在皮蛻后胸及腹部第一节上,仅有少数种类寄生在头部,且携播螨数量远小于寄生螨,同一种雄尾螨在蜻蜓稚虫、蛻上为携播性幼螨,而在蜻蜓成虫上为寄生性幼螨,体现了雄尾螨的寄生过程,蛻上的携播性幼螨是未能及时转移到蜻蜓成虫而留下的^[37]。

对于蜻蜓目,无论是幼虫还是成虫,都以雌虫更容易被雄尾螨属寄生。对这种现象的解释是,由于雌成虫为了产卵,接触水的机会比雄成虫多,更容易与雄尾螨接触^[31,35,36,38,39]。但由于捕获寄主的数量及采集到的携播螨数量有限,未能确定携播螨对寄主的性别是否具有选择性,并且蜻蜓雌幼虫为何更容易被寄生,亦不能予以合理解释。

2.4 交配方式

水螨类群的导精方式从两性个体直接接触到雌雄个体完全分离,是节肢动物门中分化极为显著的类群,对水螨交配及导精方式的深入研究具有两方面的重要意义。首先,这些资料既可以为系统发育树的构建提供依据^[40],也可

以在已知的系统发育树上验证与性状系统发育顺序有关的假说^[41, 42]。其次,可以为雌雄交配、雄性竞争及雌性选择等行为及形态性状的进化提供理论依据^[43]。

雄尾螨科中的雄尾螨属涉及 11 亚属约 800 种,性二型现象明显,雄螨体后端特化成尾臀,其特化程度各异,从轻度发达的尾臀(秃尾雄尾螨属)到极度发达的尾臀(大尾雄尾螨属),甚至尾臀中部具有结构复杂的雄尾柄(雄尾螨亚属)^[3, 17, 22, 44]。截止目前为止,对于雄尾螨属的交配方式的记述仅涉及 4 亚属^[45~49],分别为雄尾螨亚属、秃尾雄尾螨亚属、大尾雄尾螨亚属、小雄尾螨亚属。

交配时,雄螨尾臀背面的腺体会分泌粘液,以利于雌螨的附着,并且会在水底产出精珠。雌螨到达雄螨背面、调整姿势完成交配以及精囊进入雌螨生殖道的方式等,在不同亚属间存在差异^[43]。

秃尾雄尾螨亚属及大尾雄尾螨亚属交配时,雌螨会主动爬到雄螨尾臀上,用后足抓紧雄螨的背部,以调整交配姿势,进行交配。小尾雄尾螨亚属及大多数雄尾螨亚属交配时,雄螨会积极主动的用足捕捉雌螨,并将雌螨置于自己的尾臀上,调整交配姿势^[49]。前 2 个亚属没有雄尾柄或者雄尾柄不发达,交配时,雄螨会用足将雌螨放在析出的精囊上进行揉搓,以达到导精的目的。而雄尾螨亚属具有较为发达的雄尾柄,其导精方式与前两亚属较为不同。大多数的雄尾螨亚属,交配时雄螨收集来自于雄尾柄端部的精囊里的精子,然后通过导精趾将精子放入雌螨的生殖孔中。由此看来,对于秃尾雄尾螨亚属及大尾雄尾螨亚属,雌螨对雄螨的选择性比其他亚属,特别是雄尾螨亚属要大的多。然而由于雄尾螨个体微小,地理分布具有一定局限性,并且对于交配行为研究涉及的种类不是很多,对于此观点的科学性还有待进一步考证^[43]。

2.5 性信息素

目前,针对昆虫性信息素的研究已比较深入,但针对螨类性信息素的研究起步相对较晚。

1992 年, Lundblad 曾记述过雄尾螨属的一种雌螨对于雄尾螨释放的信息素表现出敏感性,并通过足的摇动来加速这种信息素在水中的扩散^[50]。Proctor 和 Smith 认为,这种信息素的释放主要是雄尾螨个体对交配行为以及其它刺激如:水流状况、种间个体接触等所做的一种应激反应^[51]。

Smith 和 Hagman^[52, 53]对突柄雄尾螨 *A. manubriator* 进行了性信息素方面的研究。向饲养雄螨的小室内注入经过雌螨处理的水溶液,以此来观察雄螨对注入源的反映,经过反复对比实验,确定该种的雌螨可以释放出一种性信息素,可以吸引雄螨前来交配。在接收到信息素后,雄螨会出现足的摆动等现象,他们认为足的摆动可以加速水的流动,增加雄螨对雌螨释放出的性信息素的敏感性。随后几年他们通过对大尾雄尾螨亚属、秃尾雄尾螨亚属及雄尾螨亚属 9 个种做了进一步研究,认为同一亚属不同种间,甚至不同亚属的雌螨释放的性信息素对雄螨存在交互引诱的现象,但是不同的类群却存在种间特异性,即不同的种类之间并不能杂交。他们认为,雄尾螨个体首先释放出的性信息素是一种长阈值引诱剂,在不同类群被吸引后,各个类群间的个体又会通过释放一种种间特有的短阈值引诱剂或者交配时的习惯动作用以区分各自的类群。

目前世界上对雄尾螨信息素的研究,仍处在比较初级的阶段,进展也相对缓慢。对于雄尾螨释放信息素的部位及信息素的成分等问题,国内外学者仍无定论。这与雄尾螨种类繁多,个体微小,且释放的信息素溶于水,不易提取等原因是分不开的,相信在今后的研究中,信息素的提取及成分的检验将会成为研究的重点。

3 结语

水螨有复杂的水生生活史,种群密度高,与其它种群相互影响,并且对所生存环境的离子含量、pH 值和温度的物理和化学变化和干扰十分敏感,所以非常适合做环境污染的指示动

物^[25]。如英国和德国利用水螨及其他小型无脊椎动物监测河流水质;波兰学者报道有关利用水螨指示湖中营养物质丰度及污染程度的工作^[54];不少作者研究水螨对水质污染的敏感性。此外,很多种水螨还可以作为水生动物的食物或寄生虫^[24]。

现在及今后相当一段时期内,世界雄尾螨科系统学研究的重点将集中在几个方面:其一是继续深入世界区系调查,准确鉴定和记述物种;其二是全面整理高级分类阶元分类,澄清高级分类单元及其分类地位;其三是对条件相对成熟(已知分类单元达到一定数量并具有代表性)的类群(如属),深入探索类群间(如属间)或类群内(如属内)系统发育关系;其四是应用分子生物学技术,探索解决雄尾螨系统学和进化研究中的难点。

我国地域广阔,气候多样,跨古北和东洋两大动物地理区系,雄尾螨资源丰富。所以,做好我国雄尾螨科区系调查及记述新分类单元的工作,进一步探索区系演化和雄尾科属级单元间或特定属内的系统发育关系,将促进对我国蜱螨多样性及其资源意义的认识以及世界雄尾螨科的系统学及生物学等相关领域的研究。

参 考 文 献

- Evans G. O. Principles of Acarology. Wallingford, Oxon, UK: CAB International Press, 1992. 113 ~ 123.
- 金道超. 水螨分类理论和中国区系初志. 贵阳: 贵州科技出版社, 1997. 1 ~ 356.
- Cook D. R. Watermites genera and subgenera. *Mem. Amer. Ent. Inst.*, 1974. **21**: 1 ~ 860.
- 金道超. 雄尾螨科各属和亚属纪要. 贵州农学院学报, 1993, **12**(增刊): 67 ~ 80.
- Viets K. O. Die Milben der Süßwassers: Katalog. Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin Press, 1987. 1 ~ 1 012.
- Rosso de Ferradas B. New species and records of *Arrenurus* from the Paraná river, Argentina (Acari: Parasitengona: Arrenuridae). *Zootaxa*, 2006, **1 208**: 25 ~ 35.
- Smit H. Australian water mites of the genus *Arrenurus*, with the description of 12 new species, from northern and western Australia (Acari: Hydrachnellae: Arrenuridae). *Records of the Western Australian Museum*, 1997, **18**: 233 ~ 261.
- Smit H. New records of Hyporheic water mites from Australia. *J. Records of the Australian Museum*, 2008, **59**: 115.
- Smit H., Pesic V. M. New records of the water mite genus *Arrenurus* from India, with the description of one new species (Acari: Hydrachnidia: Arrenuridae). *Zootaxa*, 2008, **1 894**: 53 ~ 58.
- Uchida T., Imamura T. Some water-mites from China. *Journal of the Faculty of Science, HoSeries VI. Zoology*, 1951, **10**: 324 ~ 358.
- Uchida T. Water mites from Manchoukuo. *J. Bulletin of the Biogeographical Socie of Japan*, 1941, **11**: 117 ~ 119.
- 金道超. 云南雄尾螨一新属新种. 贵州农学院学报, 1992, **11**(2): 58 ~ 64.
- 金道超. 雄尾螨属一新种和中国已知种记述(续). 贵州农学院学报, 1992, **12**(增刊): 41 ~ 47.
- 金道超. 云南雄尾螨一新属新种. 贵州农学院学报, 1993, **12**(增刊): 64 ~ 66.
- 金道超. 中国雄尾螨属一新种及一已知种重描述(蜱螨亚纲: 雄尾螨科). 动物分类学报, 1995, **20**(3): 328 ~ 331.
- 金道超, 李隆术. 雄尾螨两新种记述. 动物分类学报, 1996, **21**(4): 444 ~ 448.
- Jin D. C., Wiles P. R. New species of *Arrenurus* Dugès (Acari: Hydrachnidia: Arrenuridae) from China and first records of water mites from Laos. *Acarologia*, 1996, **37**: 317 ~ 344.
- 金道超, 郭振中. 雄尾螨属二新种及马氏雄尾螨重新记述. 动物分类学报, 1992, **13**(2): 109 ~ 115.
- 金道超. 西南地区雄尾螨区系分析及中国已知种(含三种新纪录种)检索表. 贵州农学院报, 1993, **12**(增刊): 55 ~ 60.
- 金道超, 郭振中. 中国雄尾螨属三种记述. 贵州农学院学报, 1993, **12**(增刊): 81 ~ 85.
- 金道超. 水螨群总科阶元系统发育的支序分析(蜱螨亚纲: 水螨群). 昆虫学报, 2000, **43**(3): 309 ~ 317.
- Jin D. C., Li L. S., Wiles P. R. The structure and evolution of male cauda and petiole with a cladistic analysis of Chinese species of the genus *Arrenurus* (Acari: Arrenuridae). *Systematic and Applied Acarology*, 1997, **2**: 195 ~ 210.
- Smith I. M., Cook D. R. Water mites. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. New York: Academic Press, 1991. 523 ~ 592.
- Disabation A., Gerecke R., Martin P. The biology and ecology of lotic water mites (Hydrachnidia). *Freshwater Biology*, 2000, **44**: 47 ~ 62.
- Disabation A., Boggero A., Miccoli F. P., et al. Diversity, distribution and ecology of water mites (Acari: Hydrachnidia and Halacaridae) in high Alpine lakes (Central Alps, Italy). *Experimental and Applied Acarology*, 2004, **34**: 199 ~ 210.
- Münchberg P. Nochmals zur biologie und ethologie der

- wassermilbe *Arrenurus* (A.) *papillator* (O. F. Müll.), zugleich kritische Bemerkung zu einigen durch den parasitismus der larven der arrenuridae aufgegebenen problemen (Acari, Hydrachnellae). *Gewässer und Abwässer*, 1963, **32**: 44 ~ 78.
- 27 Bader C. Some biological and ecological data on water mites mainly some significant data on the life duration. *International Journal of Acarology*, 1980, **6**(3): 239 ~ 243.
 - 28 Abro A. Attachment and feeding devices of water-mite larvae (*Arrenurus* spp.) parasitic on damselflies (Odonata, Zygoptera). *Zoologica Scripta*, 1979, **8**: 221 ~ 234.
 - 29 Abro A. The effects of parasitic water mite larvae (*Arrenurus* spp.) on zygopteran imagoes (Odonata). *Journal of Invertebrate Pathology*, 1982, **39**: 273 ~ 281.
 - 30 Redmond B. L., Hochberg J. The stylostome of *Arrenurus* spp. (Acari: Parasitengona) studied with the scanning electron microscope. *Journal of Parasitology*, 1981, **67**: 308 ~ 313.
 - 31 Smith B. P. Host-parasitism interaction and impact of laval water mites on insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 1988, **33**: 487 ~ 507.
 - 32 Wohltmann A. The evolution of life histories in Parasitengona (Acari: Prostigmata). *Acarologia*, 2001, **41**: 145 ~ 204.
 - 33 Smith B. P. Diversity of Stylostome Structure Among Parasitic Larval Water Mites (Prostigmata: Hydrachnidia). Publishing House, West Bloomfield, 2003. 255.
 - 34 Mitchell R. Life histories and larval behaviour of arrenyrid water mites parasitizing Odonata. *N. Y. Entomol. Soc.*, 1959, **67**: 1 ~ 2.
 - 35 Forbfs M. R., Muma K. E., Smith B. P. Parasitism of Sympetrum dragonflies by *Arrenurus planus* mite: maintenance of resistance to one species. *Int. Parasitol.*, 1999, **29**: 991 ~ 999.
 - 36 Forbfs M. R., Muma K. E., Smith B. P. Diffuse coevolution: constraints on a generalist parasite favor use of a dead-end host. *Ecography*, 2002, **25**: 345 ~ 351.
 - 37 Zawal A. Phoresy and parasitism: water mite larvae of the genus *Arrenurus* (Acari: Hydrachnidia) on Odonata from Lake Binowskie (NW Poland). *Biological Lett.*, 2006, **43**(2): 257 ~ 276.
 - 38 Zawal A. Parasitizing of dragonflies by water mite larvae of the genus *Arrenurus* in the neighbourhood of Barlinek (NW Poland). *Zool. Polon.*, 2004, **49**: 37 ~ 45.
 - 39 Zawal A. Morphology of the larvae of three species of *Arrenurus* (Acari: Parasitengona: Arrenuridae). *J. Nat. Hist.*, 2006, **40**(1/2): 89 ~ 100.
 - 40 Prum R. O. Phylogenetic analysis of the evolution of display behavior in the Neotropical manakins (Vves: Pipridae). *Ethology*, 1990, **84**: 202 ~ 231.
 - 41 Langtimm C. A., Dewsbury D. A. Phylogeny and evolution of rodent copulatory behavior. *Anim. Behav.*, 1991, **41**: 217 ~ 225.
 - 42 Proctor H. C. Sensory exploitation and the evolution of male mating behaviour: a cladistic test using water mites (Acari: Parasitengona). *Anim. Behav.*, 1992, **44**: 745 ~ 752.
 - 43 Proctor H. C., Smith B. P. Mating behaviour of the water mite *Arrenurus manubriator* (Acari: Arrenuridae). *Journal of Zoology, London*, 1994, **232**: 473.
 - 44 Viets K. O. Die Milben des Süßwassers und des Meeres. Jena: Gustav Fischer Verlag. 1956.
 - 45 Lundblad O. Über den Begattungsvorgang bei einigen Arrhenurus-Arten. *Z. Morph. Ökol. Tiere*, 1929, **15**: 705 ~ 722.
 - 46 Böttger K. Zur Biologie, Ethologie der einheimischen Wassermilben *Arrenurus* (*Megaluracarus*) *globator* (Müll.), 1776, *Piona nodata nodata* (Müll.), 1776 und *Eylais infundibulifera meridionalis* (Thon), 1899. (Hydrachnellae, Acari). *Zool. Jb. (Syst.)*, 1962, **89**: 501 ~ 584.
 - 47 Böttger K. Zur Ökologie, Fortpflanzungsbiologie von *Arrenurus valdiviensis* K. O. Viets 1964 (Hydrachnellae, Acari). *Z. Morph. Ökol. Tiere.*, 1965, **55**: 115 ~ 141.
 - 48 Cassagne-Méjean F. Contribution B l'étude des *Arrenurides* (Acari, Hydrachnellae) de France. *Acarologia* (Suppl.), 1966, **8**: 1 ~ 86.
 - 49 Proctor H. C. Mating and spermatophore morphology of water mites (Acari: Parsitengona). *Zool. J. Linn. Soc.*, 1992, **106**: 341 ~ 384.
 - 50 Lundblad O. Über den Begattungsvorgang bei einigen Arrhenurus -Arten. *Z. Morphol. Ökol. Tiere*, 1992, **15**: 705 ~ 722.
 - 51 Proctor H. C., Smith B. P. Mating behaviour of the water mite *Arrenurus manubriator* Marshall. (Acari: Arrenuridae). *J. Zool-Lond.*, 1994, **232**: 473 ~ 483.
 - 52 Smith B. P., Hagman J. Experimental evidence for a female sex pheromone in *Arrenurus manubriator* (Acari: Hydrachnidia; Arrenuridae). *Experimental and Applied Acarology*, 2002, **27**: 257 ~ 263.
 - 53 Smith B. P., Hagman J. Communication via sex pheromones within and among *Arrenurus* spp. mites (Acari: Hydrachnidia; Arrenuridae). *Experimental and Applied Acarology*, 2004, **34**: 113 ~ 125.
 - 54 姜在阶. 第八届国际蜱螨学会议. 昆虫知识, 1991, **8**(2): 125 ~ 127.