西北植物学报,2023,43(9):1594-1600
Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.

doi:10.7606/j.issn.1000-4025.2023.09.1594 http://xbzwxb.alljournal.net

中国菊科一新归化属——软金莞属

赵廖成[1],汪涛涌[2],肖梓暄[1],赵尊康[3],周春火[3],唐 明[1*]

(1 江西农业大学 林学院,南昌 330045;2 上饶市林业科学研究所,江西上饶 334000;3 江西农业大学 国土资源与环境学院,南昌 330045)

摘 要:文章报道了发现于南昌的中国菊科植物一新归化属种——软金莞属(*Bradburia* Torr. & A. Gray)和柔毛软金莞(新拟)[*B. pilosa* (Nutt.) Semple]。基于核基因(ITS)构建的系统发育树确定了软金莞属的系统发育位置,即与金莞属[*Chrysopsis* (Nuttall) Elliot]互为近缘属。与金莞属相比,该属的主要特征为茎具柔毛或糙毛,基生叶具柄或近无柄,头状花序单生。柔毛软金莞与该属其他种相比,主要特征为植株密被柔毛,基生叶宿存且近无柄,舌状花和管状花均具2层冠毛且内层冠毛的长度是外层冠毛的5~10倍。该种最初于2015年在南昌市昌北机场出现,可能由临时经停此处的北美一航班携带而来,2022年底已经扩散到15 km外的经济技术开发区,呈现明显入侵态势。

关键词:软金莞属;柔毛软金莞;归化属;中国

中图分类号:Q949.783.5 **文献标志码**:A

Bradburia (Asteraceae): A Newly Naturalized Genus in China

ZHAO Liaocheng[1], WANG Taoyong[2], XIAO Zixuan[1], ZHAO Zunkang[3], ZHOU Chunhuo[3], TANG Ming[1*]

(1 College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2 Shangrao Forestry Research Institute, Shangrao, Jiangxi 334000, China; 3 College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: A newly naturalized genus *Bradburia* Torr. & A. Gray and a newly naturalized species *B. pilosa* (Nutt.) Semple found in Nanchang, Jiangxi Province were both reported in China. The phylogenetic tree constructed based on nuclear gene (ITS) had determined the phylogenetic position of *Bradburia*, which is closely related to *Chrysopsis* (Nuttall) Elliot. Compared to *Chrysopsis*, *Bradburia* was recognized by its stems with pilose or hispid, basal leaves petiolate and nearly sessile and capitulum borne singly. Compared to other species of the genus, *B. pilosa* was recognized by its densely pilose, basal leaves persistent and nearly sessile, ray-florets and disc-florets had distinct pappi in 2 series, and the length of the inner was 5—10 times that of the outer. This species originally appeared at Changbei Airport in Nanchang in 2015 and might be brought by an unscheduled plane from a North American flight. By the end of 2022, it had spread to the economic and technological development zone 15 kilometers away, showing a significant invasion tendency.

Key words: *Bradburia*; *Bradburia pilosa*; naturalized genus; China

软金莞属(*Bradburia* Torr. & A. Gray)于1842年正式建立,最初仅包括1个种,即*B. hirtella* Torr. & A. Gray[1]。1991年Nesom[2]将软金莞属并入金莞属,当作属下的1个组,即*C.* sect. *Bradburia*。直到1996年,Semple[3]通过细胞学研究认为软金莞属是1个独立的属,并将*C. pilosa* Nutt.并入软金莞

收稿日期:2023-03-29;**修改稿收到日期**:2023-05-17
基金项目:国家自然科学基金项目(31960043);农业部财政项目(050014/9021108959);农业部财政项目(13220142)
作者简介:赵廖成(1999—),男,硕士研究生,主要从事植物分类学研究。E-mail:zlc1016607667@163.com
*通信作者:唐 明,副教授,硕士生导师,主要从事植物分类学、观赏植物和珍稀植物繁殖保育和资源开发利用等研究。E-mail:tangming@jxau.edu.cn

属，作为柔毛软金莞[*B. pilosa* (Nutt.) Semple]的基原异名。软金莞属是北美洲的本地种，主要分布于美国各州，其中柔毛软金莞分布于美国中南部沿海地区——阿肯色州、堪萨斯州、路易斯安那州、密西西比州和密苏里州等地[4]。

2015 年，作者于江西省南昌市昌北机场附近草坪中发现了 1 种较为特殊的菊科植物，该种全株被柔毛，叶柄近无，花金黄色，极为显眼。经过进一步的解剖学研究发现其总苞片有 3 层，且舌状花和管状花均具有 2 层冠毛，异于国内菊科植物。经与机场人员交流，得知 2015 年曾有北美的飞机临时经停昌北机场，初步推断该种为应为此飞机携带而来。因其叶互生、不分裂，头状花序辐射状，3 层总苞片覆瓦状排列等特征，初步判定其极可能隶属于紫菀族植物。经过充分的标本研究和查阅相关文献资料[2-5]，并结合形态学和分子系统学研究内容，作者最终将其鉴定为 *Bradburia pilosa* (Nutt.) Semple，中国目前尚无该物种的分布记载。因“*pilosa*”在拉丁文中是“被细柔毛”的意思，因此作者将其中文名称新拟为“柔毛软金莞”。

1　材料和方法

1.1　形态学研究

研究材料采集于江西省南昌市昌北机场附近，标本经标本烘干机干燥后保存于江西农业大学标本馆(JXAU)。参照菊科紫菀族植物花部形态特征，对柔毛软金莞花部结构进行解剖，并在微距相机(OLYMPUS TG-6)下拍摄其花正面和侧面、总苞和苞片、舌状花和管状花及瘦果等形态特征。

1.2　分子系统学研究

1.2.1　材料选取

野外采集的柔毛软金莞新鲜幼嫩叶片，硅胶干燥后带回江西省竹子种质资源与利用重点实验室，−20 ℃保存。基于前人关于紫菀族的研究结果[3-4,6-8]，从 NCBI 数据库下载紫菀族各属植物的核基因 ITS 序列，共 27 属 30 种，其中中国本土种选取了 11 属 12 种，北美洲种选取了 16 属 18 种。参考 Li 等[6]关于紫菀族的分子系统学研究结果，将春黄菊族菊属(*Chrysanthemum* L.)的 *Ch. coronarium* L.、金盏花族金盏花属(*Calendula* L.)的金盏花 *Ca. officinalis* L. 及千里光族千里光属(*Senecio* L.)的 *Se. hoggariensis* Batt. & Trab. 与合耳菊属[*Synotis* (C. B. Clarke) C. Jeffrey & Y. L. Chen]的华合耳菊[*Sy. sinica* (Diels) C. Jeffrey et Y. L. Chen]作为外类群构建系统发育树。材料来源如表 1 所示。

表 1　材料来源

Table 1　Source of materials

序号 No.	名称 Species	GenBank 登录号 GenBank accession No. ITS
1	柔毛软金莞 *Bradburia pilosa* (Nutt.) Semple	—
2	田基黄 *Grangea maderaspatana* (L.) Poir.	JN315920
3	鱼眼草 *Dichrocephala auriculata* (Thunb.) Druce	JN315919
4	圆舌黏冠草 *Myriactis nepalensis* Less.	JN315921
5	圆苞紫菀 *Aster maackii Regel*	JN543745
6	紫菀 *Aster tataricus* L. f.	JN543748
7	中亚紫菀木 *Asterothamnus centraliasiaticus* Novopokr.	JN315930
8	翠菊 *Callistephus chinensis* (L.) Nees	JN315931
9	兴安乳菀 *Galatella dahurica* DC.	JN315935
10	沙生岩菀 *Rhinactinidia eremophila* (Bunge) Novopokrovsky ex Botschantzev	JN543727
11	一枝黄花 *Solidago decurrens* Lour.	JN204176
12	钻叶紫菀 *Symphyotrichum subulatum* (Michx.) G. L. Nesom	JN315927
13	短莛飞蓬 *Erigeron breviscapus* (Vant.) Hand.-Mazz.	JN315925
14	麻菀 *Crinitina linosyris* (L.) Soják	JN315932
15	碱菀 *Tripolium vulgare* Nees	JN315937
16	毛冠菀 *Pentachaeta aurea* Nutt.	AF046972
17	竹叶菊 *Boltonia asteroides* L'Hér.	AF477632
18	艾菊紫菀 *Machaeranthera tanacetifolia* (Kunth) Nees	AF477661
19	全叶西雏菊 *Astranthium integrifolium* Nutt.	AF046984
20	沙蒿菀 *Arida carnosa* (A. Gray) D. R. Morgan & R. L. Hartm.	EU200186
21	无舌沙紫菀 *Lessingia virgata* A. Gray	AF251624
22	禾叶金菀 *Pityopsis graminifolia* (Michx.) Nutt.	KP188586
23	具缘银菀 *Noticastrum marginatum* (Kunth) Cuatrec.	DQ478975
24	短毛樟雏菊 *Rayjacksonia phyllocephala* (DC.) R. L. Hartm. & M. A. Lane	JQ012000
25	兔黄花 *Chrysothamnus depressus* Nutt.	AF477638
26	红毛菀 *Pyrrocoma clementis* Rydb.	DQ478982
27	绵毛金菀 *Chrysopsis gossypina* (Michx.) Elliott	AF046993
28	金菀 *Chrysopsis mariana* Elliott	GQ892729
29	俄勒冈假金菀 *Heterotheca oregona* (Nutt.) Shinners	KP175239
30	无柄假金菀 *Heterotheca sessiliflora* (Nutt.) Shinners	KP175240
31	苞叶眠雏菊 *Xanthisma spinulosum* (Pursh) D. R. Morgan & R. L. Hartm.	JQ011984
32	金盏花 *Calendula officinalis* L.	JN315941
33	茼蒿 *Chrysanthemum coronarium* L.	JN315939
34	霍加恩斯千里光 *Senecio hoggariensis* Batt. & Trab.	DQ208191
35	华合耳菊 *Synotis sinica* (Diels) C. Jeffrey et Y. L. Chen	KU696136

注：—表示序列正在上传，等待编号；序号 2～13 为中国紫菀族植物；序号 14～31 为北美洲紫菀族植物；序号 32～35 为外类群。

Note: — shows the sequence has been uploaded and waiting for the number. No. 2－13 refer to Chinese Tribe Astereae plants. No. 14－31 refer to North American Astereae plants, and No. 32－35 refer to outgroup.

1.2.2 DNA 提取与测序

采用改良的 CTAB 法[9]从约 20 mg 干燥叶片中提取总 DNA,1%琼脂糖凝胶电泳检测后送往天津诺禾致源科技股份有限公司进行全基因组片段文库构建。利用 Illumina 高通量测序平台 NovaSeq 6000 进行长度为 150 bp 的双端测序,获得下机数据(raw reads)。使用 Fast QC V. 0.11.8[10]和 Trimmomatic V. 0.39[11]对下机数据进行质量控制和筛选,获得高质量的序列数据(clean reads)供后续分析。

1.2.3 构建系统发育树

使用 GetOrganelle V. 1.7.7(http://github.com/Kinggerm/GetOrganelle)处理 Clean reads,提取柔毛软金莞的核 DNA 序列(18S-ITS1-5.8S-ITS2-26S)。使用 ITSx V1.1.3[12]处理柔毛软金莞的核 DNA 序列,提取核 DNA 片段 ITS 序列(ITS1-5.8S-ITS2)。将柔毛软金莞 ITS 序列与紫莞族各属及外类群的 ITS 序列使用 MAFFT V.7.5.2[13]进行多序列比对,再通过 RAxML V.8.2.1.2[14],使用最大似然法(maximum likelihood, ML)构建系统发育树。进化树的可靠性通过 Ultrafast Bootstrap 法[15]进行检验(重复 1 000 次)。系统发育树用 Figtree V. 1.4.3 可视化。

2 结果与分析

2.1 形态学

2.1.1 软金莞属

软金莞属 *Bradburia* Torr. & A. Gray, Fl. N. Amer. 2: 250. 1842[1]. *Chrysopsis* (Nuttall) Elliot sect. *Bradburia* (Torr. & A. Gray) G. L. Nesom, Phytologia. 71: 112. 1991[2].

一年生或多年生草本植物,株高 15～80 cm,直根系。茎直立,通常不分枝(一年生)或基部分支(多年生),茎上近无毛或被柔毛。

叶基生或茎生,其中基生叶具叶柄或近无叶柄,茎生叶无叶柄;基生叶倒披针形(基部渐狭),边缘全缘或顶部具齿,正面粗糙且具刚毛(先端锐尖);茎生叶线形披针形到椭圆形至长圆形,全缘或顶部具不明显齿,正面具柔毛。

花序轴长 1.5～10 cm,具短柔毛或短刚毛;总苞钟状,宽 6～9 mm,长 6～17 mm,总苞片 3～5 层,苞片线形或线状披针形,不等长,边缘干膜质,正面疏被或密被柔毛;花托平坦至略微凸起,中央具窝孔和凸点;舌状花黄色,7～25 朵,雌花,可育;管状花黄色,11～60 朵,两性花,可育,或具功能性雄花,不育;花冠黄色,直径 2～3.5 cm,上部呈狭膨大的喉道,裂片 5,直立,三角形;花柱分枝附属物线状三角形。瘦果黄色至褐色,表面具短硬毛,倒圆锥形或倒卵球形;具 2 层冠毛,内层冠毛狭长状,外层冠毛鳞片状。

本属目前共 2 种,主要分布于美国各州[4],中国为新分布记录。

软金莞属植物分种检索表如下。

2.1.2 柔毛软金莞(新拟,图 1)

柔毛软金莞 *Bradburia pilosa* (Nuttall) Semple, Univ. Waterloo Biol. Ser. 37: 7. 1996[3]. *Chrysopsis pilosa* Nuttall, J. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 7: 66. 1834. *Diplogon nuttallii* Kuntze, Revis. Gen. 334. 1891. *C. nuttallianum* Britton, Mem. Torrey Bot. Club, 5: 316. 1894. *Heterotheca pilosa* (Nuttall) Shinners, Field & Lab. 19: 68. 1951.

Type: United States of America, Eastern Texas, 1872, *Elihu Hall* 314 (syntype: GH [GH00004836!]) (图 2,A). United States of America, Arkansas, *Thomas Nuttall s. n.* (syntype: BM [BM000799856!]) (图 2,B).

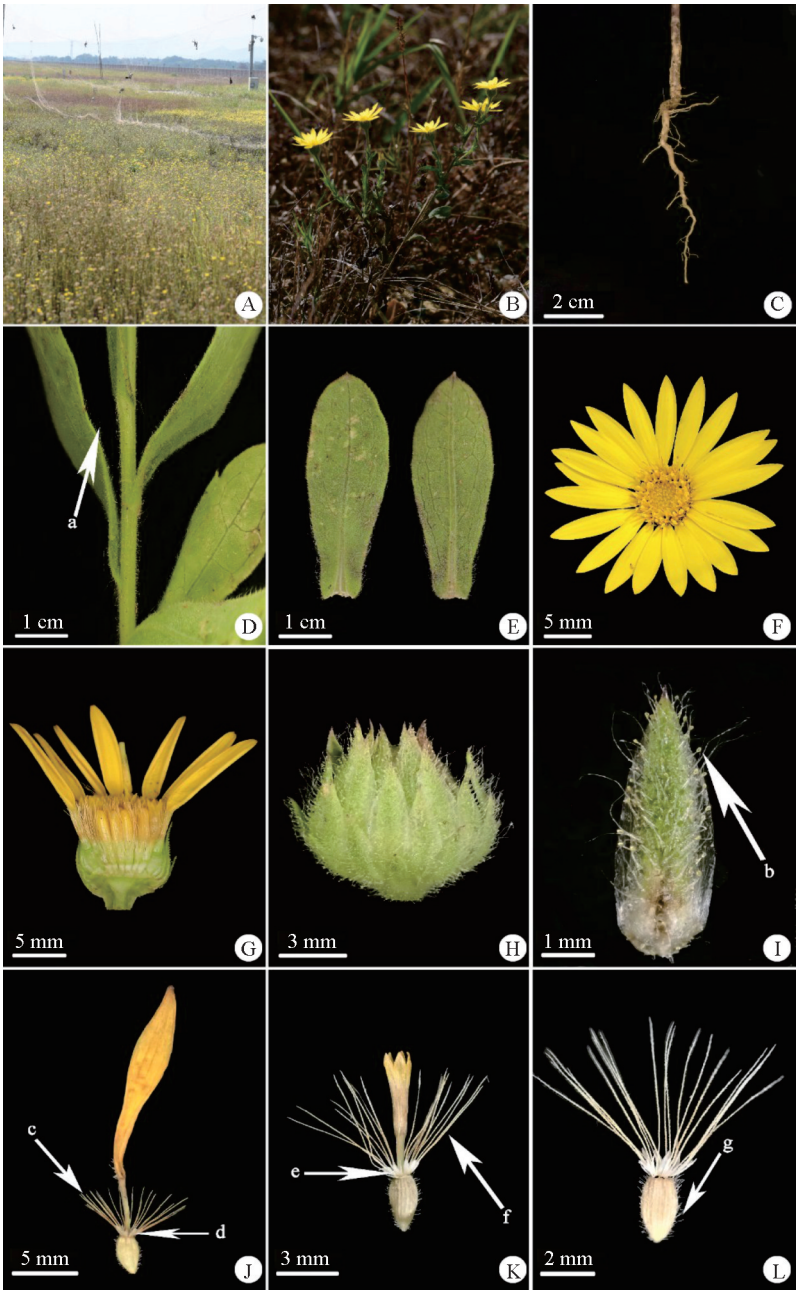
一年生草本植物,株高 15～80 cm,直根系。茎直立,上部分枝(很少在基部),疏生至密被柔毛。基生叶倒披针形,长 1.5～4 cm,宽 1～1.5 cm,叶柄近无,全缘至顶部具齿,正面被柔毛,先端锐尖;茎生叶椭圆形,长 1 cm,宽 0.5 cm,开花时退化。花序轴长 1.5～7 cm,被柔毛。头状花序直径 2～3 cm。花托平坦至略微凸起,中央具窝孔和凸点;总苞密被柔毛;总苞片 3～4 层,不等长,密被短到长柔毛;苞片叶面状,线形,密被柔毛;舌状花黄色具冠毛,11～24 朵;管状花黄色具冠毛,11～60 朵,两性花,可育。

软金莞属植物分种检索表

1. 一年生或多年生;开花时基生叶退化;冠状花为雄花;管状花和舌状花被 2 层冠毛,外层冠毛 1～2.5 mm,内层冠毛 2～3 mm;染色体数目 $2n = 6$(一年生)或 8(多年生)。
   …… 微毛软金莞 *Bradburia hirtella*
1. 一年生;开花时茎生叶退化;冠状花为两性花;管状花和舌状花被 2 层冠毛,外层冠毛 0.5～1.1 mm,内层冠毛 5～6 mm;染色体数目 $2n = 8$(一年生)。
   …… 柔毛软金莞 *B. pilosa*

瘦果棕色，表面具硬毛，倒圆锥形；具 2 层冠毛，外层冠毛鳞片状，长 0.5～1.1 mm，黄色至铁锈色，内层冠毛线形，长 5～6 mm，白色至棕褐色。花果期 4—10 月。

分布：中国江西（南昌）；美国（阿肯色州、堪萨斯州、路易斯安那州、密苏里州、俄克拉荷马州、田纳西州和德克萨斯州）[4]。原产北美洲，中国为新分布记录。



A. 生境；B. 体态；C. 根；D. 茎，a. 示茎生柔毛；E. 叶正面和背面；F. 花正面；G. 花侧面解剖结构；H. 总苞，示总苞片层数；I. 总苞片，b. 示苞片柔毛及腺毛；J. 舌状花，c. 内部线形冠毛，d. 外部鳞片状冠毛；K：管状花，e. 外部鳞片状冠毛，f. 内部线形冠毛；L. 成熟瘦果，g. 表面短硬毛。

图 1　柔毛软金菀形态特征

A. Habitat; B. Plant; C. Root; D. Stem, a. Showing pilose on stem; E. Front of leave and back of leave; F. Front of inflorescence; G. Lateral anatomy of inflorescence; H. Involucre, showing phyllaries; I. Bract, b. Showing pilose and glandular on bract; J. Ray floret, c. Inner linear pappi, d. Outer scaly pappi; K. Disc floret, e. Outer scaly pappi, f. Inner linear pappi; L. Mature cypsela, g. Surface short-strigose.

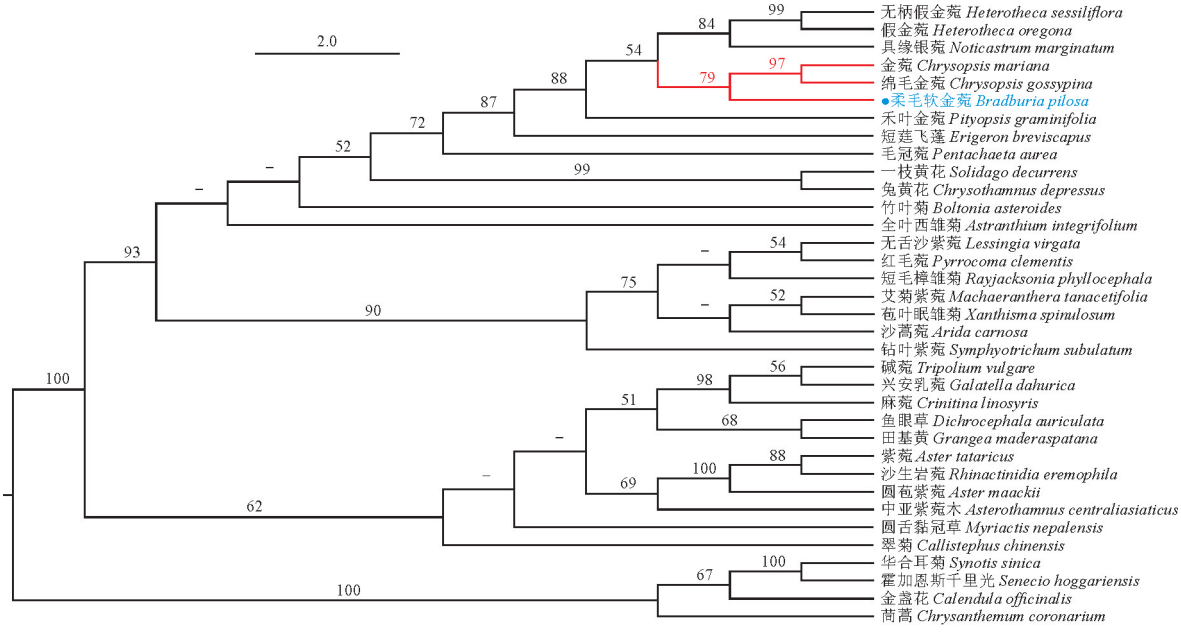
Fig. 1　Morphological characters of *Bradburia pilosa*

A. 德克萨斯州东部，美国，*Elihu Hall* 314(GH00004836)；B. 阿肯色州，美国，*Thomas Nuttall s. n.*(BM000799856)。

图 2 柔毛软金菀合模式标本

A. Eastern Texas, United States of America, *Elihu Hall* 314 (GH00004836); B. Arkansas, United States of America, *Thomas Nuttall s. n.* (BM000799856).

Fig. 2 Syntype specimens of *B. pilosa*



柔毛软金菀以蓝色字体显示，软金菀属和金菀属共在的一支以红色显示，— 表示引导值 LP 小于 50%。

图 3 基于 ITS 序列构建的最大似然树

B. pilosa is shown in blue, the common clade of *Bradburia* and *Chrysopsis* is shwon in red, and — shows bootstrap value LP<50%.

Fig. 3 Phylogeny tree based on ITS structure ML

2.2 分子系统学

柔毛软金菀的核 DNA 片段 ITS 序列长度为 629 bp。基于 ITS 序列构建的系统发育树结果显示(图 3)，金菀属 2 个种 *Chrysopsis gossypina* 和 *C. mariana* 与软金菀属的柔毛软金菀聚在一支，且具有较高的支持率(LP=79)。

3 讨 论

20 世纪以来，外来入侵植物对中国生物多样性产生了严重危害，直接影响了经济和社会的稳定发

展。菊科是中国种子植物最大的科，约 230 属，2 300 余种[5]，同时也是中国外来入侵植物的主体之一[16-18]。由于菊科植物具有种子数量多、易传播，繁殖方式多样和化感作用强等生物学特性[19]，近几年中国又陆续报道了多种菊科植物新记录[20-23]。

软金菀属是北美洲菊科紫菀族的本地植物，全属只有 2 个种。此前，该属植物在分子系统学领域进展几乎为零，前人对其分类依据多是形态学证据。本次研究对柔毛软金菀叶片材料进行高通量测序，提取其核 DNA 及 ITS 序列，并结合紫菀族多个属植物的 ITS 序列，共同构建系统发育树，摸清了软金菀属的系统发育位置。基于核 DNA 片段 ITS 序列构建的最大似然树显示，软金菀属和金菀属聚在一支，且支持率较高（LP＝79），互为近缘属。本次分子系统学研究结果与 Nesom[2]、Semple[3] 的形态学研究结果一致，均认为软金菀属和金菀属互为近缘属，这 2 个属在形态特征上差别较大。

柔毛软金菀隶属于软金菀属，具有瘦果数量多、个体小，外侧具有长条形冠毛等特征，可借助气流轻易传播到其他地方。2015 年 9 月，课题组于南昌市昌北机场发现柔毛软金菀，之后几年在南昌市多个城区内亦有发现，可见柔毛软金菀已呈现稳定入侵态势，制定相关防治措施极为重要。

依据软金菀属和金菀属的形态特征编制了分类检索表。

目前，中国外来入侵植物的风险评价和管理措施方面较为薄弱，尤其对于新入侵植物更是难以开展有效防护和监测工作，因此摸清外来入侵植物的生物学特征，可为研制防治方法与技术提供理论上的依据。前人针对外来菊科植物的化学和生物防控研究已取得良好防治效果[24-25]，但鲜见对柔毛软金菀的相关研究，化学和生物防控工作难以开展。因此，作者建议暂时采取物理防治办法，即结合其生物学特性（如低矮草本、瘦果量多和花果期 4－10 月等），在其花果期前及时拔除和焚烧。但由于物理防除费时费力，且成本高，需要植物保护领域专家研究相关内容，研制高效环保的化学和生物防控办法，完善防治体系。

软金菀属和金菀属分类检索表

1. 一年生草本植物，茎具柔毛或糙毛，基生叶具柄或近无柄，头状花序单生。
……软金菀属 *Bradburia*

1. 二年生、多年生草本或极少为亚灌木，茎近无毛，基生叶无柄，头状花序圆锥状或伞房状排列。
……金菀属 *Chrysopsis*

参考文献：

[1] TORREY J, GRAYA. A Flora of North America: Containing abridged descriptions of all the known indigenous and naturalized plants growing North of Mexico, arranged according to the natural system: Vol. 2[M]. [s. l.]: Wiley and Putnam, 1842.

[2] NESOM G L. Union of *Bradburia* with *Chrysopsis* (Asteraceae: Astereae), with a phylogenetic hypothesis for *Chrysopsis*[J]. *Phytologia*, 1991, **71**(2): 109-121.

[3] SEMPLE J C. A revision of *Heterotheca* sect. *Phyllotheca* (Nutt.) Harms (Compositae: Astereae): The Prairie and Montane Goldenasters of North America[M]. Department of Biology, University of Waterloo, 1996.

[4] SEMPLE J C. Flora of North America: Vol. 20[M]. New York: Oxford University Press, 2006: 211-212.

[5] SHI Z, CHEN Y L, CHEN Y S, *et al*. Flora of China: Vol. 20-21[M]. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2011.

[6] LI W P, YANG F S, JIVKOVA T, *et al*. Phylogenetic relationships and generic delimitation of Eurasian Aster (Asteraceae: Astereae) inferred from ITS, ETS and *trn*L-F sequence data[J]. *Annals of Botany*, 2012, **109**(7): 1 341-1 357.

[7] 陶丽男，向　丽，王玉琴，等. 高茎紫菀（菊科）形态描述补充及细胞学和分子系统学研究[J]. 西北植物学报，2022，**42**(1): 66-74.
TAO L N, XIANG L, WANG Y Q, *et al*. Supplementary description, cytological and molecular systematics of *Aster procerus* (Asteraceae)[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, **42**(1): 66-74.

[8] 柳明珠，苏享修，涂雄德，等. 中国菊科一新种——香紫菀[J]. 西北植物学报，2022，**42**(12): 2 143-2 151.
LIU M Z, SU X X, TU X D, *et al*. *Aster artemisiaodorum* (Asteraceae): A new species from China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, **42**(12): 2 143-2 151.

[9] DOYLE J J, DOYLE J L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue[J]. *Phytochemical Bulletin*, 1987, **19**: 11-15.

[10] GUILHERME S B, ANDREW D S. Falco: High-speed FastQC emulation for quality control of sequencing data[J]. *F1000 Research*, 2019, 8.

[11] BOLGER A M, LOHSE M, USADEL B. Trimmomatic: A flexible trimmer for Illumina sequence data[J]. *Bioinformatics*, 2014, **30**(15): 2 114-2 120.

[12] BENGTSSON-PALME J, RYBERG M, HARTMANN M, *et al*. Improved software detection and extraction of ITS1 and ITS 2 from ribosomal ITS sequences of fungi and other eukaryotes for analysis of environmental sequencing data[J]. *Methods in Ecology and Evolution*, 2013, **4**(10): 914-919.

[13] KATOH K, STANDLEY D M. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: Improvements in performance and usability[J]. *Molecular Biology and Evolution*, 2013, **30**(4): 772-780.

[14] STAMATAKIS A. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies[J]. *Bioinformatics*, 2014, **30**(9): 1 312-1 313.

[15] HOANG D T, CHERNOMOR O, VON HAESELER A, *et al*. UFBoot2: Improving the ultrafast bootstrap approximation[J]. *Molecular Biology and Evolution*, 2017, **35**(2): 518-522.

[16] 宋珍珍，谭敦炎，周桂玲. 入侵植物刺苍耳在新疆的分布及其群落特征[J]. 西北植物学报，2012，**32**(7)：1 448-1 453.
SONG Z Z, TAN D Y, ZHOU G L. Distribution and community characteristics of invasive *Xanthium spinosum* in Xinjiang[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2012, **32**(7): 1 448-1 453.

[17] 朱世新，覃海宁，陈艺林. 中国菊科植物外来种概述[J]. 广西植物，2005，**25**(1)：69-76.
ZHU S X, QIN H N, CHEN Y L. Alien species of Compositae in China[J]. *Guihaia*, 2005, **25**(1): 69-76.

[18] 马金双. 中国入侵植物名录[J]. 生物多样性，2013，**21**(5)：635.
MA J S. The checklist of the Chinese invasive plants[J]. *Biodiversity Science*, 2013, **21**(5): 635.

[19] 郝建华. 部分菊科入侵种的有性繁殖特征与入侵性的关系[D]. 南京：南京农业大学，2008.

[20] 唐 明，杨亲二. 中国合耳菊属(菊科-千里光族)两新记录种(英文)[J]. 热带亚热带植物学报，2014，**22**(3)：215-220.
TANG M, YANG Q E. Two newly recorded species of *Synotis* (Asteraceae-Senecioneae) in English[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2014, **22**(3): 215-220.

[21] 薛渊元，杨 烁，赵 宏. 中国新记录属种——狮齿菊属和糙毛狮齿菊[J]. 植物科学学报，2017，**35**(3)：321-325.
XUE Y Y, YANG S, ZHAO H. New records of species *Leontodon hispidus* L. and genus *Leontodon* L., in China[J]. *Plant Science Journal*, 2017, **35**(3): 321-325.

[22] 杨旭东，李振宇，夏常英，等. 中国新归化菊科植物——弯喙苣[J]. 植物检疫，2020，**34**(3)：58-60.
YANG X D, LI Z Y, XIA C Y, *et al*. *Urospermum picroides* (Asteraceae): A newly naturalized alien species in China[J]. *Plant Quarantine*, 2020, **34**(3): 58-60.

[23] 陈又生，王清隆，廖俊杰，等. 中国菊科二新记录属(英文)[J]. 热带亚热带植物学报，2022，**30**(2)：257-266.
CHEN Y S, WANG Q L, LIAO J J, *et al*. *Koyamasia* and *Struchium* (Asteraceae, Vernonieae), Two newly recorded genera for China[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2022, **30**(2): 257-266.

[24] 李荣金，强 胜. 百日草链格孢菌毒素对加拿大一枝黄花叶片伤害的生理生化研究[J]. 西北植物学报，2006，**26**(5)：995-1 000.
LI R J, QIANG S. Physiological and biochemical injuries of *Alternaria zinniae* phytotoxins extracted to *Solidago canadensis* leaves[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2006, **26**(5): 995-1 000.

[25] 李爱芳，高贤明，党伟光. 泽兰实蝇寄生状况及其对紫茎泽兰生长与生殖的影响[J]. 植物生态学报，2006，**30**(3)：496-503.
LI A F, GAO X M, DANG W G. Parasitism of *Procecidochares utilis* and its effect on growth and reproduction of *Eupatorium adenophorum* [J]. *Journal of Plant Ecology*, 2006, **30**(3): 496-503.

(编辑：潘新社)