

云南鸡脚连(小檗科)的变异式样

李新华*, 袁森, 施小平, 张立存

(南京农业大学 生命科学学院, 南京 210095)

摘要: 小檗属鸡脚连(*Berberis paraspecta* Ahrendt)自 1961 年发表以来,已有分类学文献对该种的描述一直模糊不清。通过在云南省玉龙县玉龙雪山野外调查与居群取样,结合模式标本核查,对鸡脚连重要分类学性状特征进行了补充和订正。鸡脚连果实 1~5 个簇生,平均为(2.23±1.18)个;幼果或子房内胚珠 1~3 个,平均为(2.07±0.29)个;成熟果实紫黑色,无粉霜,种子 1~3 个,平均为(1.77±0.44)个。研究表明,有关文献关于鸡脚连果实单生,且仅含 1 粒种子等关键的特征描述,在鸡脚连野生居群及模式标本上都不存在,同时分析了鸡脚连果实、种子及胚珠数目、叶片及叶刺等分类学性状特征的变异系数,并补充了活植物及模式标本的图片资料。

关键词: 鸡脚连; 簇生果实; 胚珠; 种子数目; 叶片; 变异系数

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2015.05.003

Variation Patterns of *Berberis paraspecta* Ahrendt (Berberidaceae) from Yunnan Province

LI Xin-hua*, YUAN Sen, SHI Xiao-ping, ZHANG Li-cun

(College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: *Berberis paraspecta* Ahrendt is an uncertain species in the literatures after its publication in 1961. Thus, some important taxonomic characters of this species were revised based on field surveys and population samplings in Yulongxueshan Mountain, Yulong Xian, northwestern Yunnan Province, combining with checking the type specimen. The fruits are 1–5-fascicled with average of 2.23±1.18, ovaries or young fruits contain 1 to 3 ovules with average of 2.07±0.29, the ripe fruits are black-purple in color, epruinose, containing 1 to 3 seeds with average of 1.77±0.44. The results showed that the key characteristics of 1-seeded and solitary fruits recorded in all relevant literatures doesn't exist in both the wild populations and the type specimen of *B. paraspecta*. The coefficients of variation in the taxonomic characters of fruits, seed numbers, ovules numbers, leaves and spines of *B. paraspecta* were analyzed. Furthermore, photos on the morphology of both living plants in the wild and the type specimen are provided to fill the gap of absence of illustration of *B. paraspecta* in extant literatures including Flora of China.

Key words: *Berberis paraspecta* Ahrendt; Fascicled fruits; Ovule; Seed number; Leaf; Coefficient of variation

小檗属(*Berberis* L.)是小檗科(Berberidaceae)中最大的属,该属在全球有 2 个分布中心,其一为亚洲的泛喜马拉雅地区,大约有 300 种植物;其二为

南美洲的安第斯山脉,大约有 200 种植物^[1-3]。小檗属植物富含多种生物碱,是一类重要的药用植物,也是分类学上十分复杂的类群之一。由于小檗属

收稿日期: 2014-12-03

接受日期: 2015-03-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(31170174); 国家自然科学基金重大国际合作项目(31110103911); 科技部科技基础性工作专项(2013FY112100)资助

作者简介: 李新华(1968~),男,博士,副教授,主要从事种子植物分类学研究。

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: Lixinhua@njau.edu.cn

大多数种类都是根据模式标本,或仅仅几份标本的观察而建立的,并且命名人大多基于标本室工作,缺少对野生植物的直接观察,其物种特征的变异式样,以及重要生物学特性都难以得到客观、全面的反映,这些问题对该属的分类学研究,尤其是物种界定带来许多困难^[1-2,4-7]。在智利及邻近的阿根廷南部地区,Ahrendt曾记录了60种小檗属植物^[1]。然而,Landrum却将该地区小檗属植物归并为20种,并感叹道:小檗属研究是一个分类学黑洞^[3]。近年来,Roy等对印度小檗属的分子系统学研究表明,ITS、*trnH-psbA*、*rbcL*及*matK*等广泛应用的DNA条形码技术,几乎不能解决小檗属的物种界定问题,而经典的形态学特征与地理分布式样却能够有效地应用于印度小檗属的物种划分。这种情况与小檗属内可能存在的自然杂交及基因渐渗有关^[8]。

Ahrendt发表鸡脚连(*B. paraspecta* Ahrendt)时的描述十分简略,主要为叶片形态、花单生、花梗长3~4 cm等特征^[1]。1984年,《云南种子植物名录》对鸡脚连的标本及其产地进行了初步报道^[9]。之后,Chamberlain & Hu对鸡脚连花柄的实际长度进行了订正,由3~4 cm改为3~4 mm^[2]。《云南植物志》小檗属有关鸡脚连的特征主要参照其原始文献,并补充描述其果实含1粒种子^[10]。《中国植物志》小檗属则转载了《云南植物志》对于鸡脚连的描述^[11]。我们在中国科学院昆明植物研究所标本馆(KUN)查阅标本时,已被鉴定为鸡脚连的10余份标本上,都存在果实2~6个簇生的情况,仅有少数为单生果实。迄今为止,已有关于鸡脚连的分类学文献都缺少该种的绘图资料^[1,10-12]。这些情况对于鸡脚连的种类界定、种间关系研究及其资源调查与利用工作都带来了许多实际困难。

2012年9月以来,我们先后在云南西北部丽江等地开展了几次小檗属植物野外调查工作。2013年7月,我们在英国皇家植物园丘园标本馆(K)对鸡脚连的模式标本进行了全面的观察和分析。经过模式标本核查,结合野外调查工作,我们发现一些重要分类学性状特征方面,鸡脚连的实际特征明显不同于有关文献记载。因此,本文对鸡脚连的主要分类学性状特征进行了订正,并补充了相关图片资料,为鸡脚连的种类界定、种间关系研究及其资源利用等提供科学依据。

1 研究地自然概况

滇西北的玉龙雪山位于丽江市玉龙县,地理区域为27° 3'~27° 40' N, 100° 4'~100° 17' E,是横断山区云岭山脉的主峰,南北长35 km,东西宽约20 km,最高峰扇子陡海拔5596 m。玉龙雪山属南温带气候类型,由于海拔高差悬殊大,气候的垂直差异明显,年平均气温为12.8℃,1月平均气温为5.9℃,7月平均气温为17.9℃,年均降水量约950 mm。玉龙雪山及周边地区干湿两季分明,5-10月为雨季,主要受西南季风和东南季风的影响,降水较丰富;11月至次年4月为干季,主要受印度大陆北部干暖气流控制,降水较少。研究地点主要位于玉龙雪山南麓白沙镇文海村一带,海拔高度为2600~3200 m,土壤类型主要为山地红壤,群落类型主要为云南松(*Pinus yunnanensis* Franch.)、华山松(*P. armandi* Franch.)、黄背栎(*Quercus pannosa* Hand.-Mazz.)、云南锦鸡儿(*Caragana franchetiana* Kom.)、青刺尖(*Prinsepia utilis* Royle)等树种组成的针阔混交林。

2 材料和方法

2013年11月中旬,在玉龙县玉龙雪山南麓的山坡针阔混交林下,调查小檗属(*Berberis* L.)鸡脚连(*B. paraspecta* Ahrendt)等种类的生长与分布情况,并采集植物标本及果实材料。在6株鸡脚连上采集的成熟果实中,分别选取20个紫黑色果实,共计120个果实,当天即用数显游标卡尺测量果实长度与宽度,以及果柄长度,并统计果实内种子数目。在5个果实采集号中,各分离出20粒外形饱满的成熟种子,共计100粒种子,室内在Nikon体视显微镜下,用数显游标卡尺测量种子长度和最大宽度。2014年6月初,在相同地点,在5株鸡脚连上分别采集20个幼果,共计100个幼果,室内统计子房的胚珠数目。在采自12株鸡脚连的标本中,各选取1份簇生果实较多的标本,统计各标本上10个果簇的果实数目。在不同鸡脚连植株上采集的29份标本中,分别测量各叶刺的长度(以最长分叉刺为准,如3叉刺的中央刺);在每份标本上选择大小不同的10片叶,共计290片叶,分别测量叶片长度、宽度以及叶片每边刺齿数目。2013年7月下旬,在英国丘园标本馆(K)中,检查鸡脚连模式标本上

的果实数目,并选择相互重叠少、能够清晰观察的20个叶片,测量各叶片的大小。

利用 Excel 及 SPSS 17.0 for Windows 统计软件进行数据分析处理,运用非参数检验中的单样本 χ^2 检验、Kruskal Wallis Test 及 Mann-Whitney U 检验分析有关性状特征的变异性,应用 Pearson Correlation 分析有关性状特征的相关性。变异系数(CV) = 标准差 / 平均数。

3 结果和分析

3.1 簇生果实中果实数量

在来自 12 株鸡脚连的 120 个簇生果序中,每个果簇含 1~5 个果实,平均(2.23±1.18)个。具 1~5 个果实的果簇类型分别有 38、44、19、11 和 8 个,差异极显著($\chi^2=43.583$, $df=4$, $P<0.01$),其中 2 个果实簇生类型最多,其次为单生果实。在个体水平上,12 株植物的果簇内果实数量差异极显著(Kruskal Wallis Test, $\chi^2=25.446$, $df=11$, $P\leq 0.01$)。

3.2 果实与种子大小及果柄长度

6 株鸡脚连的 120 个成熟果实中,果实长度为 5.74~8.65 mm,平均为(7.13±0.61) mm;宽度为 3.31~5.39 mm,平均(4.50±0.45) mm。果柄长度为 3.0~11.0 mm,平均(7.2±2.1) mm。在个体水平上,6 株鸡脚连的果实长度、宽度以及果柄长度都差异极显著(Kruskal Wallis Test, $\chi^2=73.867$ 、 34.174 、 81.761 , $df=5$, $P<0.01$)。

5 株鸡脚连的 100 粒种子中,种子长度为 3.78~6.02 mm,平均(5.04±0.37) mm;宽度为 2.03~3.22 mm,平均(2.61±0.26) mm。5 株鸡脚连在种子长度和宽度上都差异极显著(Kruskal Wallis Test, $\chi^2=54.179$ 、 38.793 , $df=4$, $P<0.01$)。

3.3 子房内胚珠数目及果实内种子数目

2014 年 6 月初采集 5 株鸡脚连的 100 个幼果,切除部分子房壁,可见子房内有胚珠 1~3 个,平均(2.07±0.29)个。具 1~3 个胚珠的子房类型分别有 1、91 和 8 个,差异极显著($\chi^2=150.38$, $df=2$, $P<0.01$)。含 2~3 个胚珠的子房内有时含 1~2 个败育胚珠。并且,不同植株的子房内胚珠数目差异极显著(Kruskal Wallis Test, $\chi^2=18.267$, $df=4$, $P<0.01$)。

2013 年 11 月中旬采集 6 株鸡脚连的 120 个成熟果实,果实中含种子 1~3 粒,平均(1.77±0.44)粒。具 1~3 粒种子的果实类型分别有 29、90 和 1 个,差异极显著($\chi^2=103.55$, $df=2$, $P<0.01$),75% 的果实含 2 粒种子。不同植株的果实内种子数量差异不显著(Kruskal Wallis Test, $\chi^2=7.416$, $df=5$, $P=0.191$)。

3.4 叶片及叶刺特征

测量鸡脚连模式标本 Schneider 2028 上的 20 片叶,叶长为 2.80~6.80 cm,平均(4.26±0.89) cm;叶宽为 0.80~1.30 cm,平均(1.01±0.16) cm;叶片左边缘有刺齿 5~15 个,平均(7.55±2.50)个;叶片右边缘有刺齿 4~13 个,平均(6.55±2.19)个。叶片左、右叶缘刺齿数量与叶片长度之间存在显著正相关($r=0.952$ 、 0.897 , $P<0.01$)。在玉龙雪山采集 29 株鸡脚连的 290 片叶片,叶长为 1.17~10.17 cm,平均(4.09±1.29) cm;叶宽为 0.44~2.65 cm,平均(1.22±0.33) cm。不同植株的叶片长度与宽度差异极显著(Kruskal Wallis Test, $\chi^2=175.786$ 、 193.234 , $df=28$, $P<0.001$),290 片叶片的长度与宽度呈显著正相关($r=0.71$, $P<0.01$)。玉龙雪山鸡脚连居群与模式标本的叶片长度无显著差异(Mann-Whitney U Test, $P=0.276$),但野生居群的叶片宽度却显著大于模式标本(Mann-Whitney U Test, $P<0.01$)。

分析 29 株鸡脚连的 275 个叶刺,叶刺类型通常为 3 叉刺,稀为 5 叉刺,叶刺(中央刺)长约 0.2~4.7 cm,平均(1.81±0.97) cm。不同植株的叶刺长度差异极显著(Kruskal Wallis Test, $\chi^2=64.205$, $df=27$, $P<0.001$)。

3.5 鸡脚连主要分类学性状特征的变异系数

从图 1 可见,鸡脚连主要分类学性状特征的变异系数大体上可以分为 3 个水平:叶刺长度及果簇中果实数目的变异系数最大,分别为(0.463±0.11)和(0.461±0.15);果实内种子数目、叶缘刺齿数、叶长、果柄长及叶宽的变异系数介于 0.15~0.25 之间,分别为(0.25±0.06)、(0.22±0.07)、(0.21±0.07)、(0.18±0.07)、(0.17±0.05)和(0.15±0.06);子房内胚珠数目、果宽、种子宽、果长及种子长的变异系数都小于 0.10,分别为(0.092±0.09)、(0.085±0.01)、(0.08±0.00)、(0.06±0.01)和(0.05±0.01)。

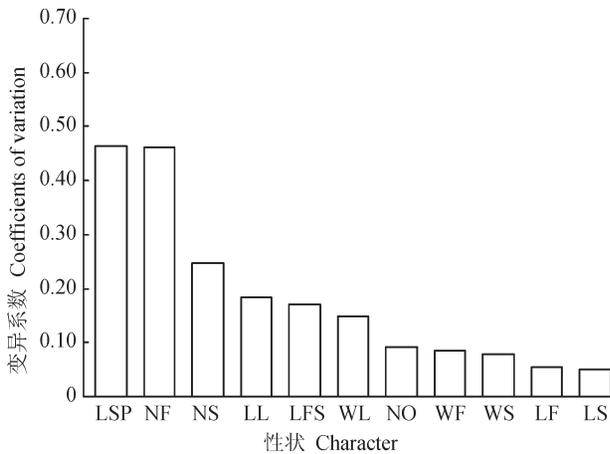


图1 鸡脚连主要分类学性状的变异系数。LSP: 叶刺长; NF: 簇生果实数; NS: 果实内种子数; LL: 叶长; LFS: 果柄长; WL: 叶宽; NO: 子房内胚珠数; WF: 果宽; WS: 种子宽; LF: 果长; LS: 种子长。

Fig. 1 Coefficient of variation in main taxonomic characters of *Berberis paraspecta*. LSP: Length of trifold spines; NF: Number of fascicled fruits; NS: Number of seeds per fruit; LL: Length of leaf; LFS: Length of fruit stalk; WL: Width of leaf; NO: Number of ovules per ovary; WF: Width of fruit; WS: Width of seed; LF: Length of fruit; LS: Length of seed.

3.6 形态特征补充描述

鸡脚连

Berberis paraspecta Ahrendt in J. Linn. Soc. Bot. **57**: 47, 1961; Anonymous author, Checklist Seed Plants Yunnan 云南种子植物名录 140. 1984; Chamberlain & C. M. Hu in Notes Bot. Gard. Edinb. **42**(3): 543. 1985; S. Y. Bao, Fl. Yunnanica **7**: 38. 1997; T. S. Ying, Fl. Reipbl. Popularis Sin. **29**:91. 2001; T. S. Ying, Fl. China **19**: 730. 2011.

常绿灌木, 高达 2 m。老枝灰白色, 具条棱。叶刺常为 3 叉刺, 稀为 5 叉刺, 粗壮, 长达 4.7 cm, 与枝同色。叶常 2~6 片簇生, 薄革质, 椭圆形至椭圆状披针形(图 2: A~D), 叶长 1.2~10.2 cm, 平均(4.1±1.3) cm, 叶宽 0.4~2.7 cm, 平均(1.2±0.3) cm, 先端渐尖至尖, 基部楔形, 上面中脉扁平或微凹, 侧脉较显著, 背面中脉隆起, 侧脉显著, 叶缘平展, 每边具 3~22 个细刺齿, 平均(10.62 ±3.79)个; 叶柄不显著。花黄色(图 2: B), 1~7 朵簇生。外萼片三角形至卵状三角形, 长 1~2 mm, 宽 1~1.5 mm; 中萼片卵形至宽卵形, 长 2~3.5 mm, 宽 2~3 mm; 内萼片卵状椭圆形, 长 5.5~6.5 mm, 宽 4.5~5.5 mm; 花瓣倒卵形, 长 5.5~6.5 mm, 宽 4~5 mm, 基部具 2 个狭卵形至线状矩圆形的腺体。雄蕊长 3~3.5 mm,

药隔先端延伸, 平截至微凹。子房含 1~3 个胚珠(图 2: E~I), 平均(2.1±0.3)个, 花柱不明显, 柱头头状或盘状。果实 1~5 个簇生(图 2: A, C~D), 平均(2.2±1.2)个。浆果椭球形至卵状椭圆形, 成熟时紫黑色, 不被霜粉(图 2: C), 长 5.7~8.7 mm, 平均(7.1±0.6) mm, 宽 3.3~5.4 mm, 平均(4.5±0.5) mm; 果实含 1~3 粒种子, 平均(1.8±0.4)个, 种子卵状椭圆形, 黑褐色(图 2: J), 长 3.8~6.0 mm, 平均(5.0±0.4) mm, 宽 2.0~3.2 mm, 平均(2.6±0.3) mm; 果柄紫红色(图 2: C~D), 长 3.0~11.0 mm, 平均为(7.2±2.1) mm。花期 3~4 月, 果熟期 11~12 月。

产云南丽江玉龙县等地, 生于海拔 2600~3100 m 山坡上以云南松、黄背栎、云南锦鸡儿等树种组成的针阔混交林中。

凭证标本: CHINA. Yunnan (云南): Lijiang, Schneider 2028, 1914-07-27, alt. 9500 ft (2897.5 m) (Holotype, K!); Yulong Xian (玉龙县), Yulongxueshan Mountain (玉龙雪山): Xiong R. L. (熊若莉), Qi Y. F. (戚育芳) 610146, 1961-07-07 (KUN!), Li X. H. (李新华), Zhang L. C. (张立存) 131153, 131156, 2013-11-15, alt. 3099 m (NAU!); Li X. H. (李新华), Zhang L. C. (张立存) 131162, 2013-11-17, alt. 2837 m (NAU!); Shi X. P. (施小平), Yuan S. (袁森) 140466, 2014-04-30, alt. 2870 m (NAU!); Li X. H. (李新华) 140610, 2014-06-03, alt. 3070 m (NAU!); Li X. H. (李新华) 140619, 2014-06-04, alt. 2860 m (NAU!).

4 讨论

Ahrendt 发表鸡脚连时, 与产于印度东北部的 *B. manipurana* Ahrendt 进行比较, 认为鸡脚连以叶片狭窄、花单生及花梗较长而不同^[1]。然而, 鸡脚连模式标本 Schneider 2028 的采集时间为 1914 年 7 月 27 日, 实际上已经处于果实发育中期, 并非花期标本(图 2: A); 模式标本上果梗长度为 3~4 mm, 而非 3~4 cm^[2](图 2: A); 并且, 我们在 K 仔细观察鸡脚连模式标本后, 该标本上共有 3 个果实, 其中 1 个果实在枝条顶端单生, 其余 2 个果实则在另一短枝的叶腋中簇生(图 2: A)。因此, 鸡脚连原始文献中 Ahrendt 关于花单生及花梗较长等关键特征的描述, 都与模式标本的实际情况明显不符^[1]。野外居群的取样分析进一步表明, 鸡脚连果实为 1~5 个

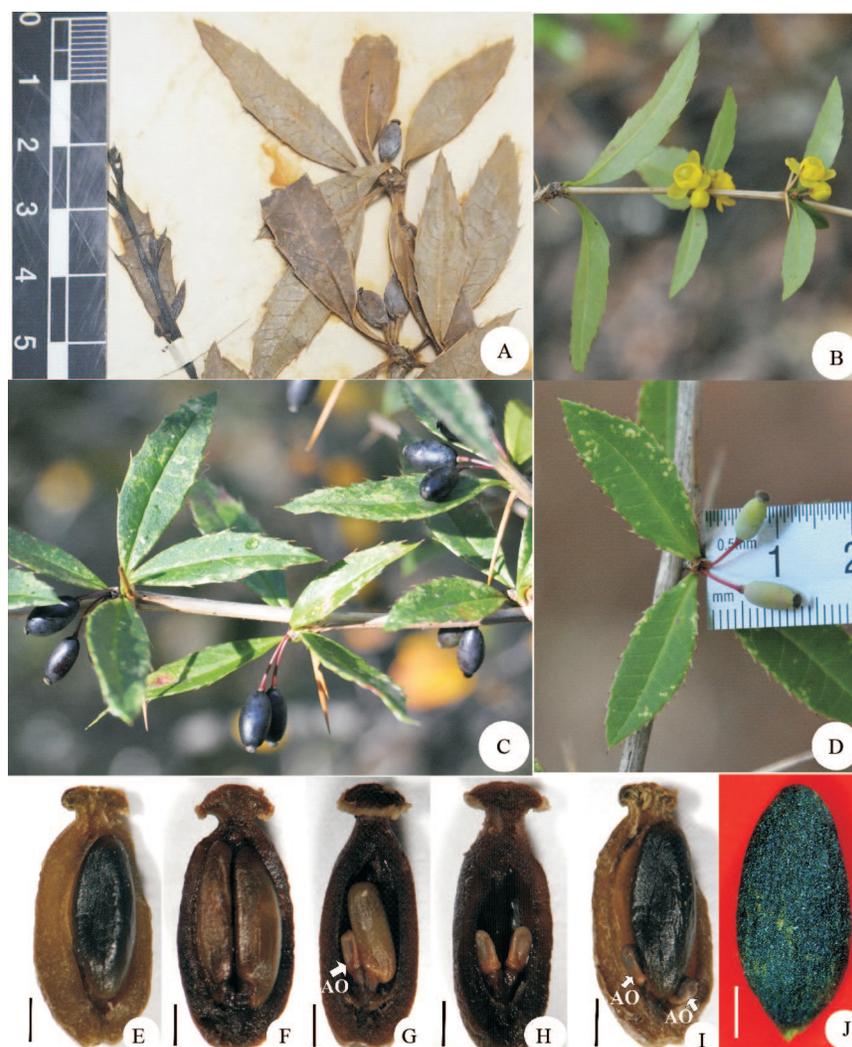


图 2 鸡脚连的一些重要分类学性状特征。A: 模式标本上单生果实及 2 个簇生果实; B: 花及叶; C: 野生条件下成熟的紫黑色果实及叶片; D: 幼果及叶片; E~I: 子房内胚珠数目的变异式样; E: 单胚珠; F: 2 个胚珠; G: 2 个胚珠, 含 1 个败育胚珠; H: 2 个败育胚珠; I: 3 个胚珠, 含 2 个败育胚珠; J: 成熟种子; AO: 败育胚珠。标尺=1 mm

Fig. 2 Some important taxonomic characteristics of *Berberis paraspecta*. A: Solitary fruit and 2-fascicled fruits on the holotype specimen; B: Flowers and leaves; C: Ripe purplish black berries and leaves in the wild; D: Young fruits and leaves; E~I: Variation patterns of ovules in ovaries; E: Single ovule, F: two ovules, G: two ovules, including 1 abortive ovule, H: two abortive ovules, I: three ovules, including 2 abortive ovules; J: Ripe seed; AO: Abortive ovule. Bars=1 mm

簇生, 其中 2 个果实簇生的类型最多(图 2: C~D); 果柄长 3.0~11.0 mm, 平均(7.2 ± 2.1) mm, 鸡脚连簇生果实数目的变异系数也很大(图 1)。这种情况表明果簇中果实数目可能为相对不稳定的性状特征。有关研究表明, 小檗属单花小檗(*B. uniflora* F. N. Wei & Y. G. Wei)的花并非单生, 而是数朵簇生^[13]。

鸡脚连原始文献没有述及果实内种子数目^[1]。《云南植物志》小檗属补充描述其果实具 1 粒种子^[10], 《中国植物志》小檗属也沿用了这一补充描述^[11], 但在《*Flora of China*》小檗属中, 鸡脚连果实

内种子数目又改为 1 或 2 个^[12]。然而, 野外居群的取样分析表明, 鸡脚连子房(幼果)含 1~3 个胚珠(图 2: E~I), 平均(2.1±0.3)个, 其中 91% 的子房(幼果)含 2 个胚珠。此外, 幼果内经常出现胚珠败育的情况(图 2: G~I)。果实含 1~3 粒种子, 平均(1.8±0.4)个, 其中 75% 的果实含 2 粒种子。鸡脚连果实内种子数目的变异系数也很大(图 1), 这可能与幼果内存在败育胚珠有关。类似地, 虽然有文献记载卷叶小檗(*B. replicata* W. W. Smith)子房含胚珠 2 个^[1,10-12], 但野外居群的取样分析表明, 其果实含 1~4 粒种

子^[7]。此外, K 的鸡脚连模式标本上贴附的小材料袋上, 以及标本馆数据库记录都注明“ovules 3”, 不过材料袋内仅有 1 个幼果, 这可能与取样数量太少有关。

由此可见, 虽然主要的分类学文献皆记载或转载鸡脚连花或果实单生, 果实内种子 1 粒^[1,10-11], 但对野外居群及模式标本的分析都表明, 鸡脚连通常 1~5 个果实簇生, 少单生; 果实含 1~3 粒种子。应俊生先生对《中国植物志》小檗属中鸡脚连果实具 1 粒种子等特征也予以质疑, 认为这种情况“在常绿花单生小檗种类中十分特殊”^[11]。原始文献描述鸡脚连果实表面具蓝色霜粉^[1], 《中国植物志》及《Flora of China》小檗属都转述了该特征^[11-12]。然而, 野外调查的鸡脚连成熟果实紫黑色, 有光泽, 不具蓝色霜粉(图 2: C)。鸡脚连模式标本上的果实为尚未成熟果实, 其表面呈淡蓝灰色, 可能是灰绿色幼果被压制后造成的(图 2: A, D)。

Ahrendt 描述鸡脚连叶披针形, 长 3~6.5 cm, 宽 0.7~1.2 cm^[1]。《中国植物志》及《Flora of China》小檗属都转载其叶片特征^[11-12]。经统计分析, 玉龙雪山鸡脚连居群与模式标本的叶片长度无显著差异。而《云南植物志》小檗属中, 鸡脚连叶片长 2.5~3.5 cm^[10], 这种叶片长度较短的描述, 可能是源于对 KUN 馆藏鸡脚连标本的观察, 有关标本叶片长度通常在 3 cm 以内。1985 年, 英国学者 D. F. Chamberlain 将 KUN 中大多数鸡脚连标本改定为密叶小檗(*B. davidii* Ahrendt)。

鸡脚连模式标本的产地为当时的云南省丽江府, 产地海拔 2900 m, 但具体地点不详^[1]。目前, 玉龙县玉龙雪山南麓的文海村一带, 基本上位于丽江市区的边缘, 鸡脚连野生居群分布在海拔 2800~3100 m 的针阔混交林中, 有时与丽江小檗(*B. lijiangensis* C. Y. Wu ex S. Y. Bao)伴生。鸡脚连野生居群与模式标本在产地及生境特点上都基本一致。

致谢 K 及 Sara Edwards 女士, KUN 在查阅小檗属标本时提供支持帮助, 谨致谢忱!

参考文献

- Ahrendt L. *Berberis* and *Mahonia*, a taxonomic revision [J]. *J Linn Soc Bot*, 1961, 57(369): 1-410.
- Chamberlain D F, Hu C M. A synopsis of *Berberis* section *Wallichiana* [J]. *Note RBG Edinb*, 1985, 42(3): 529-557.
- Landrum L R. Revision of *Berberis* (Berberidaceae) in Chile and adjacent southern Argentina [J]. *Ann Missouri Bot Gard*, 1999, 86(4): 793-834.
- Bao S Y. New taxa of *Berberis* Linn. from Yunnan [J]. *Bull Bot Res*, 1985, 5(3): 1-35.
包士英. 云南小檗属新分类群 [J]. *植物研究*, 1985, 5(3): 1-35.
- Ying J S. New taxa of *Berberis* Linn. from China [J]. *Acta Phytotaxon Sin*, 1999, 37(4): 305-350.
应俊生. 中国小檗属新分类群 [J]. *植物分类学报*, 1999, 37(4): 305-350.
- Li X H. Two new synonyms of *Berberis* L. from China [J]. *Guihaia*, 2010, 30(4): 440-442.
李新华. 中国小檗属二新异名 [J]. *广西植物*, 2010, 30(4): 440-442.
- Li X H, Zhang L C. Variation patterns of the characters of flowers and fruits of *Berberis replicata* W. W. Smith (Berberidaceae) from Yunnan Province [J]. *Acta Bot Boreal-Occid Sin*, 2014, 34(4): 720-726.
李新华, 张立存. 云南卷叶小檗(小檗科)花与果实特征的变异式样 [J]. *西北植物学报*, 2014, 34(4): 720-726.
- Roy S, Tyagi A, Shukla V, et al. Universal plant DNA barcode loci may not work in complex groups: A case study with Indian *Berberis* species [J]. *PLoS One*, 2010, 5(10): e13674.
- Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. Checklist of Seed Plants of Yunnan, Vol. 1 [M]. Kunming: Yunnan People's Press, 1984: 1-1070.
中国科学院昆明植物研究所. 云南种子植物名录, 上册 [M]. 昆明: 云南人民出版社, 1984: 1-1070.
- Institutum Botanicum Kunmingense, Academiae Sinicae. *Flora Yunnanica*, Tomus 7 [M]. Beijing: Science Press, 1997: 27-90.
中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志, 第7卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 27-90.
- Ying J S. *Berberis* L. [M]// *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*, Tomus 29. Beijing: Science Press, 2001: 50-214.
应俊生. 小檗属 [M]// *中国植物志*, 第29卷. 北京: 科学出版社, 2001: 50-214.
- Ying J S. *Berberis* L. [M]// Wu Z Y, Raven P H, Hong D Y. *Flora of China*, Vol. 19. Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2011: 715-771.
- Chen F L, Peng R C, Deng Y F. Identity of *Berberis ziyunensis* P. G. Hsiao & Z. Y. Li (Berberidaceae) [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2012, 20(6): 605-607.
陈丰林, 彭日成, 邓云飞. 小檗科紫云小檗的名实订正 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2012, 20(6): 605-607.