

DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-3142. 2013. 05. 004

宋柱秋, 李波, 许东先, 等. 火炭母的一个新异名及其系统位置初探 [J]. 广西植物, 2013, 33 (5): 599—604

Song ZQ, Li B, Xu DX, et al. A new synonym of *Persicaria chinensis* (L.) H. Gross (Polygonaceae) and its systematic position [J]. *Guihaia*, 2013, 33 (5): 599—604

火炭母的一个新异名及其系统位置初探

宋柱秋¹, 李波^{2,3}, 许东先^{2,3}, 李世晋^{2*}

(1. 广西壮族自治区自然博物馆, 南宁 530012; 2. 中国科学院华南植物园, 广州 510650;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 该文将铺地火炭母 (*Polygonum chinense* L. var. *procumbens* Z. E. Zhao et J. R. Zhao) 处理为火炭母原变种 (*Persicaria chinensis* var. *chinensis*) 的异名, 并讨论了火炭母在命名上的问题, 及其系统学位置。

关键词: 蓼属; 铺地火炭母; 春蓼属; 火炭母; 蓼科; 新异名

中图分类号: Q949. 744 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142 (2013) 05-0599-06

A new synonym of *Persicaria chinensis* (L.) H. Gross (Polygonaceae) and its systematic position

SONG Zhu-Qiu¹, LI Bo^{2,3}, XU Dong-Xian^{2,3}, LI Shi-Jin^{2*}

(1. Natural History Museum of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530012, China; 2. South

China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 3. Graduate

University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: *Polygonum chinense* L. var. *procumbens* Z. E. Zhao et J. R. Zhao is reduced as a new synonym of *Persicaria chinensis* (L.) H. Gross var. *chinensis*. The nomenclatural problems and the systematic position of the species are discussed.

Key words: *Polygonum*; *Polygonum chinense* var. *procumbens*; *Persicaria*; *Persicaria chinensis*; Polygonaceae; new synonym

火炭母 (*Polygonum chinense* L. = *Persicaria chinensis* (L.) H. Gross) 是瑞典博物学家 Linnaeus (1753) 根据采自中国和印度的标本发表的。两百多年里, 由于该种的部分性状变异较大、某些性状十分特殊、分布较广等原因, 发表过的种或种下名称多达 30 个 (Steward, 1930; 李安仁, 1998)。刘艳玲等 (2007) 根据采自我国海南岛的标本发表了火炭母的一个新变种, 即铺地火炭母 (*Polygonum chinense* L. var. *procumbens* Z. E. Zhao et J. R. Zhao), 依据的特征是茎匍匐和叶具大斑点。我们通过查阅文献和标本, 以及进

行野外调查, 发现火炭母原变种的茎生长习性和叶具斑点这 2 个性状均有较大变异, 均不能作为新变种成立的依据。因此, 本文将铺地火炭母归并到火炭母原变种, 并详细介绍和讨论了火炭母在命名上的问题及其系统学位置。

1 铺地火炭母的归并

火炭母为多年生草本, 或茎基部稍木质化的半灌木, 无刺; 叶形变化极大, 卵形、卵状长圆形、

收稿日期: 2012-12-20 修回日期: 2013-03-27

基金项目: 国家自然科学基金 (31070176, 31270248)

作者简介: 宋柱秋 (1985-), 男, 湖南耒阳人, 硕士, 从事植物分类学研究, (E-mail) songzhuqiu@126.com.

* 通讯作者: 李世晋, 副研究员, 从事植物经典分类、传粉生物学研究, (E-mail) lisj@scib.ac.cn.

宽卵形或披针形等，顶端常为短渐尖，基部常近平截而下延，托叶鞘顶端偏斜；花序头状，花两性，花被片5，雄蕊8，花丝基部不扩大，花柱3，柱头头状；瘦果卵状三棱形，包藏在宿存且增大呈肉质的花被内。该种最易识别且十分特殊的特征是，花被片在果时会增大呈肉质，包裹着瘦果（图1：A）。无果的植株或标本，可以通过头状花序、花部性状、及顶端偏斜的托叶鞘识别；无果又无花的植株或标本，则可以依据体态、叶形、以及托叶鞘等大致识别。

铺地火炭母发表时被认为与火炭母相比较，其主要特征是茎匍匐，叶具大斑点（刘艳玲等，2007）。事实上，火炭母的茎变异较大，被不同的研究者描述为不同的形态，如茎呈之字形（*Caulis flexuosus*）（Linnaeus, 1753）；茎柔弱，直立或半攀援状，二叉分枝（*A weak, erect or half-climbing, dichotomously branched perennial*）（Bentham, 1861）；匍匐于地面生长但端部向上的灌木（*A glabrous, pubescent or glandular-hairy decumbent shrub*）（Steward, 1930）；直立或半攀援状，高可达1 m，茎蜿蜒状（侯宽昭，1956；侯宽昭等，1964）；茎基部匍匐，节上生不定根，上部直立或半攀援状（方云亿等，1992）；多年生的上升草本（*perennial ascending herb*）（Kuo *et al.*, 1996）；根状茎粗壮，茎直立，高70~100 cm（李安仁，1983，1998）等等。这些描述在一定程度上都有其正确性，反映了火炭母茎生长习性的变异性。由于植物分类学研究有时候仅仅是在标本室标本的基础上进行的，有些研究者并没有开展野外的调查，或是调查的不够，导致有些性状把握的不够全面，这也是植物分类学具有历史延续性的原因之一，同时也是植物类群需要不断修订的原因之一。为此我们在查阅文献和标本室标本的基础上，对我国华南一些地区的火炭母开展了野外调查。调查显示，火炭母的茎可分为地下根状茎和地上茎：根状茎粗壮（图1：B），横卧地下；地上茎则有各种形态，或者全部匍匐（图1：C），或者仅基部匍匐而上部上升（图1：D），或者完全直立（图1：E），或者倚靠在其他植物上而呈半攀援状或攀援状（图1：F）。火炭母地上茎常呈现之字形，匍匐时常呈蜿蜒状，并且有时候茎节上会生出不定根，在枯枝落叶等的覆盖下可能慢慢形成根状茎。另外，我们也发现，火炭母的茎也会随所处的环境而表现出一定的规律性，例如在开阔而周围没有什么矮小植物的环境中，火炭母通常会匍匐生

长，这样既能满足阳光的需求又能通过节上生不定根补充更多的水分；而在周围有较多矮小植物共同相处时，火炭母通常会上升或直立生长，甚至呈攀援状，也许是争夺阳光而发生适应性进化的结果。需要注意的是，火炭母有时候仅具有地上茎而无根状茎，而生长多年的火炭母则通常同时具有根状茎和地上茎。因此，茎匍匐只是火炭母茎的生长方式之一，在火炭母的正常变异范围之内，因而不能作为新变种铺地火炭母成立的依据。

“叶具大斑点”也不能作为铺地火炭母成立为新变种的依据，因为火炭母原变种叶上大斑点从无到有、从小到大逐渐变化，是一个较为连续的性状（图1：G）。叶上有无斑点与茎直立或匍匐并无关联，直立或匍匐茎上的叶子均出现有或无斑点的情况。其实，火炭母叶上常常有大斑点（常为紫黑色的倒“V”形）这个性状（侯宽昭，1956；侯宽昭等，1964；吴家荣，1982；王育生，1991；高蕴璋，2000）。我们也查看了火炭母原变种的模式标本，其叶上仍清晰可见大斑点（图2）。另外，我们也没发现铺地火炭母有其它的性状，能与原变种稳定地相区分。因此，我们将铺地火炭母归并到火炭母原变种。

2 分类学处理

火炭母 *Persicaria chinensis* (L.) H. Gross in Bot. Jahrb. Syst. **49**: 269. 1913. — *Polygonum chinense* L. Sp. Pl. **1**: 363. 1753; Meisn. in Pl. Asiat. Rar.: 60. 1832; Benth. in Fl. Hongk. 289. 1861; Stew. in Contr. Gray Herb. **88**: 70. 1930; A. J. Li in Fl. Reipubl. Popularis Sin. **25** (1): 55. 1998. — *Ampelygonum chinense* (L.) Lindl. in Bot. Reg. **24** (Misc.): 62. 1838. — *Cephalophilon chinense* (L.) Grabovsk. in Konsp. Sosud. Rast. Fl. V'etnama **2**: 145. 1996. -TYPE: China. Herb. Linn. No. 510. 30 (LINN !, Lectotype designated by Scott in Bosser & al., Fl. Mascareignes **146**: 10. 1994).

Polygonum chinense L. var. *procumbens* Z. E. Zhao et J. R. Zhao. in J. Wuhan Bot. Res. **25** (6): 561. f. 1. 2007. syn. nov. -TYPE: China, Hainan (海南), Wenchang City (文昌市), Wenchang County (文昌镇), 2005-10-29, alt 60 m, J. R. Zhao (赵家荣) 9664 (Type, HIB).

分布于我国陕西南部、甘肃南部、华东、华中、华南、西南。印度，印度尼西亚，马来西亚，菲律宾，不

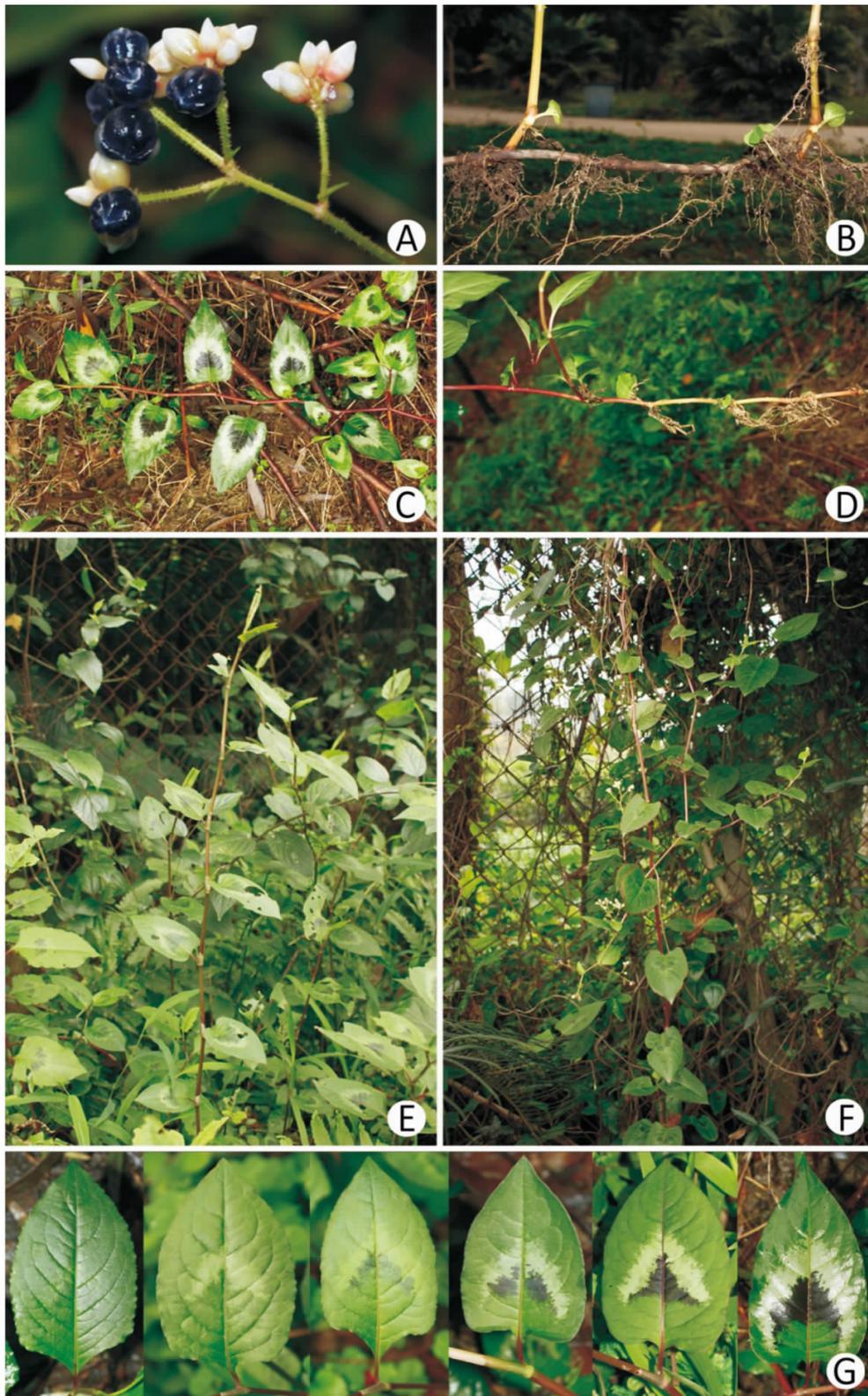


图 1 火炭母 A. 瘦果包藏于增大的肉质的花被内；B. 根状茎；C. 匍匐的地上茎；D. 地上茎基部匍匐生根，上部上升；E. 直立的地上茎；F. 攀援状的地上茎；G. 叶上大斑点的变化。

Fig. 1 *Persicaria chinensis* (L.) H. Gross A. Achenes included in accrescent and fleshy perianth; B. A rhizome; C. Procumbent stems; D. Decumbent stems; E. A erect stem; F. Climbing stems; G. varieties of leaf spots.



图 2 火炭母原变种的后选模式 (Herb. Linn. No. 510. 30, LINN) A. 整体; B. 局部放大。

Fig. 2 Lectotype of *Persicaria chinensis* (L.) H. Gross var. *chinensis* (Herb. Linn. No. 510. 30, LINN) A. Whole specimen; B. A magnifying part.

丹, 尼泊尔, 锡金, 缅甸, 泰国, 越南, 日本等国也有分布。

3 火炭母的系统学位置

广义蓼属 (*Polygonum sensulato*) 是蓼科 (Polygonaceae) 中最大的属, 全世界约有 300 种 (Kuo *et al.*, 1996; Hsu *et al.*, 2004)。传统上火炭母归属于广义蓼属头状蓼组 (*Polygonum* sect. *Cephalophilon*) (Steward, 1930; 李安仁, 1998; Li *et al.*, 2003)。头状蓼组是瑞士蓼科专家 Meisner (1832) 建立的, 当时共记载了 10 个种, 并依据花序类型和托叶鞘形态分为 2 类, 即双生式头状花序类 (Didymocephalon) (头状花序常双生, 稀单生, 托叶鞘顶端截形) 和伞房式头状花序类 (Corymbocephalon) (头状花序排列紧密, 花序梗近二歧分支, 呈伞房花序状, 伞房花序再聚成近圆锥状, 托叶鞘顶端偏斜), 后者仅包括火炭母 1 种, 说明火炭母有其特殊性。

火炭母也曾作为海葡萄属 (*Coccoloba*) 的成

员, 即 *C. indica* Wight ex Meisn. (Meisner, 1832) 或 *C. crispate* Buch.-Ham. ex Roxb. (Hook, 1890), 此两名称后来均被处理为火炭母的异名 (Steward, 1930)。海葡萄属是蓼科中分布在美洲的一个属, 因其瘦果外面包裹着肉质多汁的花被类似葡萄而得名。海葡萄属植物均为木本、花为功能性的雌雄异花 (雄花中雌蕊退化, 雌花中雄蕊退化)、花丝基部扩大并联合成环、以及仅分布在美洲, 火炭母与其显著不同。但火炭母与海葡萄属一样具有类似葡萄的果实。因此, Lindley (1838) 以这种类型的果实和一些花部特征 (如花萼 5 裂、雄蕊 8, 柱头 3 等) 为主要特征, 以火炭母为模式种建立了一个新属, 即 *Ampelygonum* Lindl., 并建立新组合 *A. chinense* (L.) Lindl.。之后有研究者在该属下组合了几个其他的名称, 比如 Roberty & Vautier (1964) 将杠板归 (*Polygonum perfoliatum*) 和绢毛蓼 (*P. molle*) 分别组合为 *A. perfoliatum* 和 *A. molle*。虽然这 2 个种与火炭母一样, 瘦果包藏于宿存的肉质花被内, 但这个性状在这些类群中很可能是趋同进化的结果,

而非同源性状，因为它们在分子系统发育树中并未聚在一起（Kim & Donoghue, 2008；许崇梅等，2009；向红等，2010；赵大鹏等，2012），而在形态性状分析上它们属于广义蓼属中的不同组或不同属（Steward, 1930；李安仁，1998；Hong *et al.*, 1998；Ronse *et al.*, 2000；Li *et al.*, 2003）。正因为如此，*Ampelygonum* 并没有被广泛接受。

Spach (1841) 直接将头状蓼组提升为属 *Cephalophilon* (Meisn.) Spach, 当时他在该属下未组合任何种名；Tzvelev (1987, 1989) 建立 3 个新组合；Grabovskaja (1996) 组合了 3 个名称，其中包括火炭母；Qaiser & Perveen (2011) 又新组合了 3 个名称。然而，Spach 将头状蓼组提升为属时，已明确包括了上述 Meisner 在头状蓼组下建立的双生式头状花序类和伞房式头状花序类，因此包括了火炭母，也就是说 *Cephalophilon* (Meisn.) Spach (1841) 在发表时即包含了 *Ampelygonum* Lindl. (1838) 的模式。根据《国际植物命名法规》中相关规定 (McNeill *et al.*, 2006), *Cephalophilon* 是 *Ampelygonum* 的多余名称 (规则 52. 1)。另外，有学者认为这两个属名是同物异名 (Galasso *et al.*, 2009)，根据《国际植物命名法规》中优先权的规定 (规则 11. 2): “名称的优先权仅限于其被发表的等级”，那么相对 *Cephalophilon* (Meisn.) Spach (1841) 而言，*Ampelygonum* Lindl. (1838) 具有优先权而应予采用。因此，基于上述 2 个原因，假如头状蓼组要作为一个含有火炭母的独立的属，那么 *Ampelygonum* Lindl. 才是该属的正确名称，而非 Qaiser & Perveen (2011) 等认为的 *Cephalophilon* (Meisn.) Spach。

Gross (1913) 将火炭母转移到春蓼属 (*Persicaria*)，构成新组合 *P. chinensis* (L.) H. Gross。春蓼属是从广义蓼属中分离出来的一个属，目前已得到花外部形态与微形态、果实外部形态与微形态、果实解剖特征、花粉微形态、叶柄与茎解剖学等证据的支持 (Hedberg, 1946；Haraldson, 1978；Ronse Decraene & Akeroyd, 1988；Hong *et al.*, 1998；Ronse Decraene *et al.*, 2000)。最近的分子系统学证据也表明，广义的蓼属不是一个单系类群，应划分为更多更自然的类群；春蓼属是单系类群，属下应包括春蓼组 (*Persicaria* sect. *Persicaria*)、刺蓼组 (*Persicaria* sect. *Echinocaulon*)、金线草组 (*Persicaria* sect. *Tovara*)，以及头状蓼组 (*Persicaria* sect. *Cephalophilon*) 4 个组 (Kim & Donoghue, 2008；赵大鹏等，

2012)。春蓼属的这个界限范围与 Haraldson (1978) 根据茎解剖学对春蓼属的划分相一致。其中排除部分种 [比如蓝药蓼 (*Polygonum cyanandrum*)、细茎蓼 (*P. filicaule*)、小叶蓼 (*P. delicatulum*) 等] 之后的头状蓼组也是单系类群 (赵大鹏等，2012)。然而，也有学者认为春蓼属下的 4 个组均应提升为属，特别是形态特殊的金钱草组。不过，在正式处理之前应当作更加广泛的取样以便获取更多的证据最为妥当。

综上所述，虽然国内绝大多数的文献将火炭母置于广义蓼属中，但从目前的证据来看，火炭母无疑应置于春蓼属下的头状蓼组 (*Persicaria* sect. *Cephalophilon*) 中。假如将来的证据足以支持头状蓼组从春蓼属中独立成属的话，那么 *Ampelygonum* Lindl. 将是最早的合法属名，不过，该属的特征应加以修正，而 *A. chinense* (L.) Lindl. 则是火炭母对应的正确名称。

在春蓼属头状蓼组内，火炭母的近缘种是头花蓼 (*Persicaria capitata*)。叶表皮微形态研究表明，此 2 种与平卧蓼 (*P. strindbergii*) 的下表皮细胞形状均为多边形，垂周壁为弓形，而该组内其余种的下表皮均为无规则形，垂周壁为波状或深波状。基于 ITS、*trnL-F* 和 *rbcL* 序列的分子系统学研究也表明，此 3 种关系最近，其中火炭母和头花蓼聚在一起，具有最近的亲缘关系 (赵大鹏等，2012)。虽然火炭母与头花蓼非常相似，但前者可以通过花被在果时增大为肉质，托叶鞘顶端偏斜，而容易与后者相区别。

致谢 The Linnean Society 在英特网上提供了火炭母的后选模式标本 (LINN Herb. Linn. No. 510. 30, <http://www.linnean-online.org/5727/>)。

参考文献：

- 方云亿，郑朝宗. 1992. 蓼科 [M] //王景祥. 浙江植物志 (第 2 卷). 杭州：浙江科技出版社：145-178
- 李安仁. 1983. 蓼科 [M] //吴征镒. 西藏植物志 (第 1 卷). 北京：科学出版社：593-627
- 李安仁. 1998. 蓼属. 中国植物志 (第 25 卷第 1 分册) [M]. 北京：科学出版社：3-96
- 侯安昭，吴德邻，卫兆芬. 1964. 蓼科 [M] //陈焕镛. 海南植物志 (第 1 卷). 北京：科学出版社：385-394
- 侯安昭. 1956. 广州植物志 [M]. 北京：科学出版社：135-141
- 高蕴璋. 2000. 蓼科 [M] //吴德邻. 广西植物志 (第 4 卷). 广州：广东科技出版社：80-96
- Bentham G. 1861. Flora hongkongensis: a description of the flowering plants and ferns of the island Hongkong [M]. London: Lovell Reeve: 289
- Fang YY, Zheng CZ. 1992. Polygonaceae [M] //Wang JX. Flora of Zhejiang (Vol. 2). Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Publishing House: 145-178
- Galasso G, Banfi E, Mattia FD, *et al.* 2009. Molecular phylog-

- eny of *Polygonum* L. s. l. (Polygonaceae, Polygonaceae), focusing on European taxa; preliminary results and systematic considerations based on *rbcl* plastidial sequence data [J]. *Atti Soc Ital Sci Nat Mus Civ Stor Nat*, **150**: 113–148
- Grabovskaja AE. 1996. *Cephalophilon* [M]. Konspekt Sosudistykh Rastenii Flory Vetnama **2**: 145–146
- Gross H. 1913. Beiträge zur Kenntnis der Polygonaceen [J]. *Bot Jahrb Syst*, **49** (2): 234–339
- Haraldson K. 1978. Anatomy and taxonomy in Polygonaceae subfam. Polygonaceae Meisn. emend. Jaretsky [J]. *Symb Bot Upsal*, **22** (2): 1–95
- Hedberg O. 1946. Pollen morphology in the genus *Polygonum* L. s. lat. and its taxonomical significance [J]. *Svensk Bot Tidskr*, **40** (4): 371–404
- Hong SP, Ronse Decraene LP, Smets E. 1998. Systematic significance of tepal surface morphology in tribes Persicarieae and Polygonaceae (Polygonaceae) [J]. *Bot J Linn Soc*, **127**: 91–116
- Hook JD. 1890. Polygonaceae [M] // Hook JD. Flora of British India (Vol. V). London: L. Reeve & Co.: 21–61
- Hsu TW, Ku SM, Peng CI. 2004. *Persicaria capitata* (Buchanan-Hamilton ex D. Don) H. Gross (Polygonaceae), a newly naturalized plant in Taiwan [J]. *Taiwania*, **49** (3): 183–187
- Kim ST, Donoghue MJ. 2008. Molecular phylogeny of *Persicaria* (Persicarieae, Polygonaceae) [J]. *Syst Bot*, **33** (1): 77–86
- Kuo CF, Liu HY, Yang YP. 1996. Polygonaceae [M] // Huang TC. Flora of Taiwan (Vol. II). Taipei: Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Second Edition: 294–315
- Li AJ, Bao BJ, Grabovskaya-Borodina AE, et al. 2003. Polygonaceae [M] // Wu CY, Raven PH. Flora of China (Vol. 5). Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press: 277–350
- Lindley J. 1838. *Ampelgynonum* [J]. *Edwards's Bot Reg*, **24**: 62–63
- Linnaeus C. 1753. Species Plantarum (Tomus I) [M]. Stockholm: Laurentii Salvii: 363
- Liu YL (刘艳玲), Wu JM (吴建明), Xu LM (徐立铭), et al. 2007. *Polygonum chinense* var. *procumbens* Z. E. Zhao et J. R. Zhao (Polygonaceae), a new variety from Hainan (蓼属一新变种——铺地火炭母) [J]. *J Wuhan Bot Res* (武汉植物学研究), **25** (6): 561–562
- McNeill J, Barrie FR, Burdet HM, et al. 2006. International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code) [M]. Liechtenstein: A. R. G. Gantner Verlag KG: 1–568
- Meisner CF. 1832. Synopsis Polygonearum [M] // Wallich N. Plantae Asiaticae rariores (Vol. III). London: Treuttel & Würz: 51–65
- Qaiser M, Perveen A. 2011. Three new combinations in the genus *Cephalophilon* (Meisn.) Spach (Polygonaceae) [J]. *Pak J Bot* **43** (6): 2765–2767
- Roberty G, Vautier S. 1964. Les genres de Polygonacées [J]. *Boissiera* **10**: 7–128
- Ronse Decraene LP, Akeroyd JR. 1988. Generic limits in *Polygonum* and related genera (Polygonaceae) on the basis of floral characters [J]. *Bot J Linn Soc*, **98**: 321–371
- Ronse Decraene LP, Hong SP, Smets E. 2000. Systematic significance of fruit morphology and anatomy in tribes Persicarieae and Polygonaceae (Polygonaceae) [J]. *Bot J Linn Soc*, **134**: 301–337
- Spach ME. 1841. Histoire Naturelle des Vegetaux-Phanerogames [M]. Paris: Librairie Encyclopedique De Port
- Steward AN. 1930. The Polygonaceae of eastern Asia [J]. *Contr Gray Herb*, **5** (88): 1–129
- Tzvelev N. 1987. Notulae de Polygonaceis in Flora Orientalis extremi [J]. *Novost Sist Vyssh Rast*, **24**: 76
- Tzvelev N. 1989. Genus *Polygonum* L. sensu lato (Polygonaceae) in Caucaso [J]. *Novost Sist Vyssh Rast*, **26**: 63–73
- Wang YS. 1991. *Polygonum* [M] // Lee SG, Liang CF. Flora of Guangxi (Vol. D), Nanning: Guangxi Science and Technology Press: 526–546
- Wu JR. 1982. Polygonaceae [M] // Guizhou Flora Committee. Flora of Guizhou (Vol. D). Guiyang: Guizhou People's publishing: 182–213
- Zhao DP (赵大鹏), Wang KM (王康满), Hou YT (侯元同). 2012. Phylogeny of *Polygonum* sect. *Cephalophilon* (Polygonaceae) inferred from the chloroplast *trnL-F*, *rbcl* and nuclear ribosomal ITS sequences (基于叶绿体 *trnL-F*, *rbcl* 序列和核糖体 ITS 序列探讨蓼属 (蓼科) 头状蓼组的系统发育) [J]. *Bull Bot Res* (植物研究), **32** (1): 77–83

(上接第 644 页 Continue from page 644)

- University of Florida Gainesville
- Schultze M. 2013. Protocols for growing plant symbioses, mycorrhiza [J]. *Methods Mol Biol*, **953**: 47–59
- Tanja RS, Mareel GA. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi colonize nodule root nodule of several legume species [J]. *New phytol*, (34): 14–16
- Tawarayama K, Saito M, Morioka M. 1994. Effect of phosphate application to arbuscular mycorrhizal onion on the development and succinate dehydrogenase activity of internal hyphae [J]. *Soil Sci Plant Nutr*, **40** (4): 667–673
- Van der Heijden MGA, Klironomos JN, Ursic M, et al. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity [J]. *Nature*, **396**: 69–72
- Zhang DF (张殿发), Ouyang ZY (欧阳自远), Wang SJ (王世杰). 2001. Population resources environment and sustainable development in the karst region of southwest China (中国西南喀斯特地区人口、资源、环境与可持续发展) [J]. *Chin J Pop Res & Environ* (中国人口资源与环境), **11** (1): 77–81
- Zhang Y, Guo LD, Liu RJ. 2004a. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with common pteridophytes in Dujiangyan, southwest China [J]. *Mycorrhiza*, **14**: 25–30
- Zhang Y, Guo LD, Liu RJ. 2004b. Survey of arbuscular mycorrhizal fungi in deforested and natural forest land in subtropical region of Dujiangyan, southwest China [J]. *Plant & Soil*, **261**: 257–263
- Zhao ZW (赵之伟), Wang GH (王国华), Cheng LZ (程立志), et al. 2001. AM fungi in the tropical rain forest of Xishuangbanna (西双版纳热带雨林中丛枝菌根真菌的初步研究) [J]. *Mycosystema* (菌物系统), **20** (3): 316–323
- Zhao ZW, Wang GH, Yang L. 2003. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a tropical rain forest of Xishuangbanna, southwest China [J]. *Fung Div*, **13**: 233–242