

基于核 ITS与叶绿体 trnL-F 序列分析 12种紫金牛属植物的种间关系与变异

徐玲玲¹, 李同建¹, 张美云¹, 易官美², 廖亮^{1*}

(¹江西九江学院生命科学学院, 江西九江 332000; ²宁波城市职业技术学院, 浙江宁波 315502)

摘要: 对江西紫金牛属 12种植物 17个样本及外类群柳叶密花树的核 ITS序列和叶绿体 trnL-F序列进行最大简约法 (MP) 和邻接法 (NJ) 分析, 两种方法得到的系统发育树基本一致。基于 trnL-F序列所建立的系统发育树将 19个样本聚类成 6个分支, 而基于 ITS序列建立的系统发育树将 18个样本聚类成 2个分支, 说明紫金牛属并不是一个单系类群。基于 ITS序列建立的系统发育树将腋序组 () 和锯齿组 () 聚在一起, 说明这两个组有较近的关系, 而圆齿组 () 稍远。基于 ITS序列所建立的系统树将 4个紫金牛样本聚类成 2支, 说明紫金牛的群体中至少存在两个核基因组类型, 根据染色体数、ITS序列和 trnL-F序列综合分析, 推测紫金牛很可能是异源四倍体。

关键词: 紫金牛属; ITS序列; trnL-F序列; 种间关系

中图分类号: S 687 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2009) 10-1531-07

Interspecific Relationships and Variation of 12 Species in *Ardisia* Sw. (Myrsinaceae) Based on ITS and trnL-F Data Sets

XU Ling-ling¹, LI Tong-jian¹, ZHANG Mei-yun¹, YI Guan-mei², and LIAO Liang^{1*}

(¹ College of Life Science, Jiujiang University, Jiujiang, Jiangxi 332000, China; ² Ningbo City College of Vocational Technology, Ningbo, Zhejiang 315502, China)

Abstract: The nuclear encoded internal transcribed spacer (ITS) region and the plastid encoded trnL-F region were sequenced for 17 samples from 12 species of the genus *Ardisia* Sw. and outgroup *Rapanea linearis*. Based on maximum parsimony and neighbor-joining analyses, we reconstructed the phylogenetic relationships of 19 samples of *Ardisia*. The two methods generated similar trees. Nineteen samples of *Ardisia* are separated into six clades in trnL-F trees. Eighteen samples of *Ardisia* are separated into two clades in ITS trees. The results showed that the genus *Ardisia* Sw. could not be a monophyletic group. The Sect. *Akosmos* () and Sect. *Bladhia* () form a clade in ITS trees, which indicated that they were closely related. Four samples of *A. japonica* form two clades in ITS trees, which showed that there were at least two types of nuclear genome in *A. japonica* population. According to analysis of the chromosomes number, ITS sequences and trnL-F sequences, *A. japonica* is supposed to be a allotetraploid.

Key words: *Ardisia*; ITS sequence; trnL-F sequence; interspecific relationship

紫金牛属 (*Ardisia* Sw.) 植物为小乔木、灌木或亚灌木状近草本。约 300种, 分布于热带美洲, 太平洋诸岛, 印度半岛东部及亚洲东部至南部, 少数分布于大洋洲, 我国共有 68个种, 12个变种, 分布于长江流域以南。国产紫金牛属植物属下分为高木组 (Sect. *Tinus*)、顶序组 (Sect. *Acrardisia*)、短序组 (Sect. *Pinelandra*)、腋序组 (Sect. *Akosmos*)、圆齿组 (Sect. *Crispardisia*) 和锯齿组

收稿日期: 2009 - 06 - 12; 修回日期: 2009 - 08 - 19

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30860027)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: LiaoL58@yahoo.com.cn)

(Sect. *Bladhia*) (陈介, 1979)。江西紫金牛属有 12 种, 隶属腋序组、圆齿组和锯齿组等 3 个组。紫金牛 (*Ardisia japonica*)、朱砂根 (*A. crenata*)、百两金 (*A. crispa*)、血党 (*A. brevicaulis*)、九节龙 (*A. pusilla*)、虎舌红 (*A. mamillata*) 等是该属中分布范围较广、资源较丰富、药用及观赏价值较高的类群。

目前对紫金牛属的研究大多是在园林和药学等方面 (向春玲和冯志坚, 2002; 闫双喜等, 2004; 苏雪痕等, 2005; 邓素芳等, 2006; 吴庆书等, 2007); 对紫金牛属 23 个种 1 个变种植物的花粉形态研究表明, 锯齿组的花粉形态有明显组的特征 (张巧玲等, 2007)。紫金牛属常常可以见到一些变异体 (江香梅等, 2005), 大多是有开发潜力的园艺资源 (图 1), 但这些突变体的遗传学基础是否发生了相应的变化尚不清楚。

作者对江西紫金牛属植物及变异类型的核 rITS 序列和叶绿体 *trnL-F* 序列进行分析, 以期了解该属植物种间关系及变异类型的遗传背景提供依据。



图 1 紫金牛属植物变异类型

A. 虎舌红 1 (红叶); B. 虎舌红 2 (绿叶); C. 朱砂根 1 (高杆); D. 朱砂根 2 (矮杆);
E. 紫金牛 2 (金边); F. 紫金牛 3 (小叶); G. 紫金牛 4 (大叶); H. 紫金牛 1。

Fig. 1 Variation types of *Ardisia*

A. *A. mamillata* 1 (red leaf); B. *A. mamillata* 2 (green leaf); C. *A. crenata* 1 (high-stem);
D. *A. crenata* 2 (dwarf mutant); E. *A. japonica* 2 (golden edges); F. *A. japonica* 3 (small foliage type);
G. *A. japonica* 4 (big foliage type); H. *A. japonica* 1.

1 材料与方法

1.1 材料来源

紫金牛属植物材料见表 1, 活体标本存于庐山植物园。取新鲜嫩叶硅胶干燥后于 -20°C 保存。紫金牛属其他类群的 DNA 序列来源于 NCB 网站上的 GenBank。

1.2 基因组总 DNA 提取

采用改良的 CTAB 法 (Doyle & Doyle, 1987) 提取总 DNA。取 0.1 g 干燥叶片于无菌研钵中, 液氮速冻并将叶片研磨成粉末状, 加入预热的 600 μL 2 \times CTAB 提取液 (100 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ Tris-HCl pH 8.0, 1.4 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl, 20 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA, 2% CTAB, 0.1% β -巯基乙醇) 65 $^{\circ}\text{C}$ 水浴 45 min, 氯仿:异戊醇 (24:1) 抽提, 2/3 体积冰冷的异丙醇沉淀 DNA, 各 DNA 样本经 RNase A 处理后, 再用氯仿:异戊醇抽提, 2 倍体积冰冷的 100% 乙醇沉淀 DNA, 预冷的 70% 乙醇洗涤沉淀, 50 μL TE 溶解 DNA, 于 -20°C 保存备用。

表 1 试验材料及来源

Table 1 The origin of the materials used in this study

分组 Section	分类群 Taxon	凭证标本 Voucher	采集地 Locality	GenBank No	
				ITS	<i>trnL-F</i>
腋序组 () Sect Akosmos	矮紫金牛 <i>Andisia humilis</i> Vahl	Y070601	华南植物园 South China Botanical Garden	FJ482142	FJ482160
	密鳞紫金牛 <i>Andisia densilepidotula</i> Merr	Y070602	华南植物园 South China Botanical Garden	FJ482151	FJ482169
圆齿组 () Sect Crispandisia	虎舌红 1 (红叶)	Y070603	江西大余 Jiangxi Dayu	FJ482134	FJ482152
	虎舌红 2 (绿叶)	Y070604	江西大余 Jiangxi Dayu	FJ482135	FJ482153
	朱砂根 1 (高杆)	Y070605	江西大余 Jiangxi Dayu	FJ482136	FJ482154
	朱砂根 2 (矮杆)	Y070606	江西庐山 Jiangxi Lushan	FJ482137	FJ482155
	朱砂根 3 (红凉伞)	Y070607	江西庐山 Jiangxi Lushan	FJ482138	FJ482156
	朱砂根 4			AF547730 [#]	AF547795 [#]
	百两金 <i>Andisia crispa</i> (Thunb.) A. DC.	Y070608	江西大余 Jiangxi Dayu	FJ482139	FJ482157
	血党 <i>Andisia brevicaulis</i> Diels	Y070609	江西上犹 Jiangxi Shangyou	FJ482141	FJ482159
	莲座叶紫金牛 <i>Andisia primulifolia</i> Gardn. et Champ.	Y070610	江西上犹 Jiangxi Shangyou	FJ482147	FJ482165
	波叶紫金牛 <i>Andisia affinis</i> Hemsl	Y070611	华南植物园 South China Botanical Garden	FJ482148	FJ482166
	雪下红 <i>Andisia villosa</i> Roxb	Y070612	江西上犹 Jiangxi Shangyou	FJ482150	FJ482168
	锯齿组 () Sect Bladhia	Y070613	江西上犹 Jiangxi Shangyou	FJ482140	FJ482158
	紫金牛 1 <i>Andisia japonica</i> (Homstedt) Blume 1	Y070614	江西大余 Jiangxi Dayu	FJ482143	FJ482161
	紫金牛 2 (金边) <i>Andisia japonica</i> (Homstedt) Blume 2	Y070615	江西大余 Jiangxi Dayu	FJ482144	FJ482162
	紫金牛 3 (小叶) <i>Andisia japonica</i> (Homstedt) Blume 3	Y070616	江西大余 Jiangxi Dayu	FJ482145	FJ482163
	紫金牛 4 (大叶) <i>Andisia japonica</i> (Homstedt) Blume 4	Y070617	江西庐山 Jiangxi Lushan	FJ482146	FJ482164
	走马胎 <i>Andisia gigantifolia</i> Stapf				AF547795 [#]
外类群 Out group	柳叶密花树 <i>Rapanea linearis</i> (Lour.) S. Moore	Y070618	华南植物园 South China Botanical Garden	FJ482149	FJ482167

注：# GenBank 下载。
Note: # Download from GenBank

1.3 扩增与测序

使用引物 ITS1 (5' AGAAGTCGTAACAAGGTTTC3')、ITS4 (5' TCCTCCGCTTATTTATATGC3') (White et al., 1990) 扩增全长 ITS (包括 5.8S) 区域。PCR 反应体系为 20 μL, 内含 MgCl₂ (2 mmol · L⁻¹)、dNTP (2 mmol · L⁻¹)、引物 ITS1、ITS4 (10 pmol)、聚合酶 1 单位、总 DNA 约 50 ng。扩增程序为：循环 1: 70 4 min; 循环 2: 94 1 min 50 20 s 72 50 s, 2 个循环; 循环 3: 94 20 s 52 20 s 72 50 s, 40 个循环; 最后, 72 4 min。trnL-F 区扩增使用引物

tm “c” (5' CGAAATCGGTAGACGCTACG 3') 和 *tm* “f” (5' ATTTGAACTGGTGACACGAG 3') (Taberlet et al., 1991)。PCR反应体系为 20 μ L, 内含 $MgCl_2$ ($2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)、dNTP ($2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)、引物 *tm* “c”、*tm* “f” (10 pmol)、聚合酶 1 单位、总 DNA 约 50 ng, 扩增程序为: 循环 1: 94 5 min; 循环 2: 94 45 s 48 45 s 72 60 s, 35 个循环; 最后, 72 6 min。PCR 产物送交上海生物工程技术有限公司测序, 为保证所测序列的准确性, 分别对每一种类的 ITS、*trnL-F* 序列的正、反链进行双向测序并校准。

1.4 排序和系统发育分析

序列排列用 ClustalX (Thompson et al., 1997) 初排, 进一步用人工核对排列。排列好的序列用 PAUP 4.0b10 (Swofford, 2002) 的简约法与邻接法 (Saitou & Nei, 1987) 构建 ITS、*trnL-F* 树, 进行系统发育分析。在简约法分析中, 所有的空位作缺失处理。以柳叶密花树 (*Rapanea linearis*) 为外类群。用 TBR 分支交换与随机类群附加 1 000 次, 进行完全启发式搜索。在邻接法分析中, 采用 Kimura2 参数距离, 构建邻接树, 并进行 1 000 次自展计算。

2 结果与分析

所有样本的 GenBank 序列号见表 1。测定了紫金牛属 12 种植物 17 个样本及外类群柳叶密花树的核 ITS 序列和叶绿体 *trnL-F* 序列 (图 2)。ITS (包括 ITS1, 5.8S rDNA, ITS2) 序列的长度范围为 623 ~ 629 bp, *trnL-F* 序列的长度范围为 788 ~ 815 bp, 序列特征见表 2。当空位 (gap) 作为缺失处理时, ITS 区全序列排序后的长度为 633 位点, 其中有 90 个变异位点, 59 个为系统发育的信息位点, 分别占 14.22% 和 9.32%; *trnL-F* 区全序列排序后的长度为 825 位点, 其中有 29 个变异位点, 9 个为系统发育的信息位点, 分别占 3.52% 和 1.09%。

以 *Rapanea linearis* 为外类群, 用最大简约法 (MP) 与邻接法 (NJ) 构建系统树 (图 3)。ITS 简约树长度为 256 步, 一致性指数 (CI) 和维持性指数 (RI) 分别为 0.7266 和 0.6804; *trnL-F* 简约树长度为 46 步, 一致性指数 (CI) 和维持性指数 (RI) 分别为 0.9348 和 0.8929 (表 2)。

Bootstrap 分析获得各分支的支持强度, 结果见图 3。

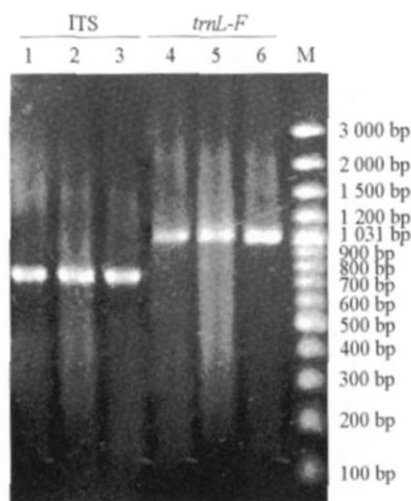


图 2 部分 ITS 和 *trnL-F* PCR 扩增产物电泳图谱

1, 4: 紫金牛 1; 2, 5: 虎舌红 2 (绿叶); 3, 6: 朱砂根 4; M: 100 bp DNA ladder plus

Fig. 2 Electrophoretogram of PCR products of ITS and *trnL-F*

1, 4: *Andisia japonica* 1; 2, 5: *Andisia manillata* 2 (green leaf); 3, 6: *Andisia crenata* 4; M: 100 bp DNA ladder plus

表 2 紫金牛属植物 ITS及 *trnL-F* 序列特征

Table 2 Sequence characteristics of ITS and *trnL-F* in the *Ardisia*

比较 Comparison	ITS	<i>trnL-F</i>
长度范围 /bp Length range	623 ~ 629	788 ~ 815
排列长度 /bp Aligned length	633	825
G + C 含量 /% G + C content range	55.6	33
变异位点数 Number of variable sites	90	29
信息位点数 Number of potentially informative sites	59	9
树长 Tree length	256	46
一致性指数 (CI) Consistency index	0.7266	0.9348
维持性指数 (RI) Retention index	0.6804	0.8929
重新调整的一致性指数 (RC) Rescaled consistency indices	0.4943	0.8346

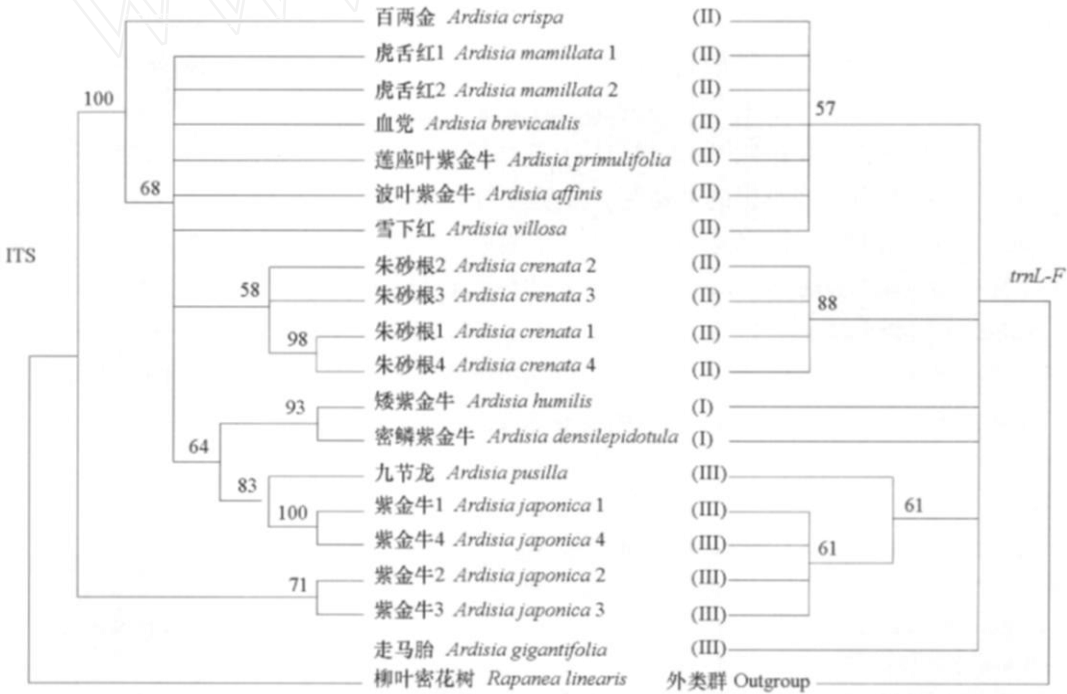


图 3 基于 ITS和 *trnL-F* 的最大简约树

() : 腋序组; () : 圆齿组; () : 锯齿组。分支上的数值为支持率。

Fig 3 MP phylogeny tree based on ITS and *trnL-F*

() : Sect Akosmos; () : Sect Crispardisia; () : Sect Bladhia

The numbers above branches are bootstrap values

基于 *trnL-F* 序列的最大简约法 (MP) 和邻接法 (NJ) 建立系统发育树将 19 个样本聚类成 6 个分支, 而基于 ITS 序列最大简约法 (MP) 和邻接法 (NJ) 建立的系统发育树将 18 个样本聚类成 2 个分支, 说明紫金牛属并不是一个单系类群 (图 3)。由 *trnL-F* 序列建立的系统树在组级 (section) 水平上分辨力并不高, 说明紫金牛属植物的 *trnL-F* 序列分化速率较慢, 以致从系统发育树的根部发出 6 个分支, 尤其是在腋序组 () 的矮紫金牛、密鳞紫金牛和锯齿组 () 的走马胎, 分别在根部发出不同的分支, 在系统树上与同组其它类群之间形成独立的关系。

根据陈介 (1979) 对组的定义, 腋序组 () 叶具微波状边缘或全缘, 边缘腺点极不明显; 萼片在果时通常贴果基部。圆齿组 () 叶缘具备圆齿或锯齿, 齿间或齿尖具边缘腺点; 萼片在果时大多数反卷, 不贴果; 锯齿组 () 叶缘具锯齿或契蚀状细齿, 无边缘腺点; 萼片在果时通常不反

卷 (陈介, 1979)。腋序组 () 和锯齿组 () 在叶边缘腺点不明显及萼片在果时通常贴果上, 有相似之处。基于 ITS 序列建立的系统发育树将腋序组 () 和锯齿组 () 聚在一支 (图 3), 说明在 3 个组中这两个组有较近的关系, 而圆齿组 () 稍远。

基于 *tmL-F* 序列所建立的系统树将 4 个紫金牛 (*A. japonica*) 样本聚类成一支 (图 3), 说明 4 个形态和产地有所不同的样品均来源于同一母系, 而基于 ITS 序列的所建立的系统树将 4 个紫金牛 (*A. japonica*) 样本聚类成 2 支 (图 3), 说明紫金牛种内 ITS 序列存在明显变异, 在它们的群体中至少存在两个核基因组类型, 具金边的紫金牛和小叶型的紫金牛聚在一起, 为一个类型, 另外两个样本为一个类型 (图 1, 图 3)。紫金牛的染色体数目为 $2n=4x=92$, 为四倍体 (Koyama & Kokubugata, 1998), 在 *tmL-F* 序列和 ITS 序列建立的系统树中, 他们聚类的结果明显不同, 这和一些杂种情况很相似 (Liao et al., 2008), 说明紫金牛很可能是来自同一个母系亲本, 而父系亲本可能来源不同, 是个异源四倍体 (图 3)。

Kress 等 (2005) 曾提出 ITS 和 *tmH-psbA* 两段序列可以作为被子植物的条形码, 但核基因本身存在多拷贝的特性, 在种内序列变异较大, 降低了其作为条形码的应用性 (Kress & Erickson, 2007)。本研究紫金牛的 4 个不同材料在 ITS 序列建立的系统树中聚类为两支, 鉴定为 2 个类型, 显现出 ITS 作为条形码在鉴别多倍体杂种方面的局限性。这种核基因组与叶绿体基因组反映出的不同系统关系, 充分说明了多基因作为条形码的必要性 (张金梅 等, 2008)。

基于 ITS、*tmL-F* 序列所建立的系统树将 4 个朱砂根 (*A. crenata*) 样本聚类成一支, 而在 ITS 系统树中 4 个朱砂根 (*A. crenata*) 样本中的高杆和矮杆样本进一步被分成两支 (图 1, 图 3)。在虎舌红 (*A. manillata*) 两个样本中 1 个为红叶, 1 个为绿叶 (图 1), 它们无论在基于 *tmL-F* 序列所建立的系统树, 还是基于 ITS 序列所建立的系统树中其相似度都不高, 形态和分子水平同时都表现出明显的分化, 说明虎舌红 (*A. manillata*) 红叶的变异体有其分子变异基础。

References

- Chen Jie. 1979. Flora reipublicae popularis sinicae (Vol. 58). Beijing: Science Press: 35 - 42. (in Chinese)
- 陈 介. 1979. 中国植物志 (第 58 卷). 北京: 科学出版社: 35 - 42
- Deng Su-fang, Huang Xi, Lai Zhong-xiong. 2006. Progress in the medicinal and ornamental values of *Andisia crenata* Sims. Subtropical Agriculture Research, 2 (3): 176 - 178. (in Chinese)
- 邓素芳, 黄 熾, 赖钟雄. 2006. 朱砂根的药用价值与观赏价值. 亚热带农业研究, 2 (3): 176 - 178
- Doyle J J, Doyle J L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochemical Bulletin, 19: 11 - 15.
- Jiang Xiangmei, Gong Bin, Ye Jin-shan. 2005. Biological and ecological characteristics and morphological variation in *Andisia crenata*. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 27 (4): 596 - 601. (in Chinese)
- 江香梅, 龚 斌, 叶金山. 2005. 朱砂根生物、生态学特性及形态变异. 江西农业大学学报, 27 (4): 596 - 601.
- Kress W J, Wurdack K J, Zimmer E A, Weigt L A, Janzen D H. 2005. Use of DNA barcodes to identify flowering plants. PNAS, 102 (23): 8369 - 8374.
- Kress W J, Erickson D L. 2007. A two-locus global DNA barcode for land plants: The coding *rbcl* gene complements the non-coding *tmH-psbA* spacer region. PLoS One, 2 (6): e508.
- Koyama H, Kokubugata G. 1998. Entity of *Andisia montana*. Memoirs of the National Science Museum, 31: 123 - 134.
- Liao Liang, Xu Ling-ling, Zhang Darning, Fang Liang, Deng Hui-sheng, Shi Jun-wei, Li Tong-jian. 2008. Multiple hybridization origin of *Ranunculus cantoniensis* (4x): Evidence from *tmL-F* and ITS sequences and fluorescent *in situ* hybridization (FISH). Plant Systematics and Evolution, 276: 31 - 37.
- Saitou N, Nei M. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. Molecular Biology and Evolution, 4: 406 - 425.
- Su Xue-hen, Song Xi-qiang, Su Xiao-li. 2005. Methods and application of the ornamental plant plan in cities (4) —— Tropical plant planning. Journal of Chinese Landscape Architecture, (5): 47 - 55. (in Chinese)

- 苏雪痕, 宋希强, 苏晓黎. 2005. 城镇园林植物规划方法及其应用——热带植物配植与应用. 中国园林, (5): 47 - 55.
- Swofford D L. 2002. PAUP4. 0b10. Phylogenetic analysis using parsimony (and other methods). Version 4. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Taberlet P T, Gielly L, Patou G, Bouvet J. 1991. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. Plant Molecular Biology, 17: 1105 - 1109.
- Thompson J D, Gibson T J, Plewinak F, Jeanmougin F, Higgins D G. 1997. The Clustal_X windows interface: Flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Nucleic Acids Research, 25 (24): 4876 - 4882.
- White T J, Bruns T, Lee S, Taylor J W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. Innis M A, Gelfand D H, Sninsky J J, White T J. PCR Protocols: A guide to methods and applications. San Diego: Academic Press: 315 - 322.
- Wu Qing-shu, Li Dong-hai, Yang Ze-bin, Yang Xiao-bo. 2007. Plant resources of *Andisia* and their application in landscapes in Hainan Island. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 34 (3): 176 - 180. (in Chinese)
- 吴庆书, 李东海, 杨泽斌, 杨小波. 2007. 海南紫金牛属植物资源及其在园林中应用的前景. 福建林业科技, 34 (3): 176 - 180.
- Xiang Chun-ling, Feng Zhi-jian. 2002. Medicinal plant resources of Myrsinaceae in Guangdong Province. Subtropical Plant Science, 31 (3): 52 - 55. (in Chinese)
- 向春玲, 冯志坚. 2002. 广东紫金牛科药用植物资源. 亚热带植物科学, 31 (3): 52 - 55.
- Yan Shuang-xi, Yang Qiu-sheng, Shi Shu-lan, Lu Lin, Li Jing. 2004. The biodiversity of woody plant of Henan Province and its application in the gardens. Chinese Bulletin of Botany, 21 (2): 247 - 253. (in Chinese)
- 闫双喜, 杨秋生, 史淑兰, 鲁琳, 李静. 2004. 河南省木本植物的多样性及其在园林中应用的前景. 植物学通报, 21 (2): 247 - 253.
- Zhang Jin-mei, Wang Jian-xiu, Xia Tao, Zhou Shi-liang. 2008. The application of DNA barcoding technology based on phylogeny analysis to clarifying the problem of species in Sect. Moutan *Paeonia* L. Science in China Series C: Life Sciences, 38 (12): 1166 - 1176. (in Chinese)
- 张金梅, 王建秀, 夏涛, 周世良. 2008. 基于系统发育分析的 DNA 条形码技术在澄清芍药属牡丹组物种问题中的应用. 中国科学 C 辑, 38 (12): 1166 - 1176.
- Zhang Qiao-ling, Wang Shao-ping, Hu Qi-ming, Hao Gang. 2007. Pollen morphology of *Andisia* Sect. *Crispandisia* (Myrsinaceae) in China and its taxonomical significance. Guihaia, 27 (3): 385 - 392. (in Chinese)
- 张巧玲, 王少平, 胡启明, 郝刚. 2007. 中国紫金牛属圆齿组花粉形态研究及其分类学意义. 广西植物, 27 (3): 385 - 392.

期刊征订

欢迎订阅《西北农林科技大学学报(自然科学版)》

《西北农林科技大学学报(自然科学版)》创刊于 1936 年, 其前身是《西北农业大学学报》。主办单位西北农林科技大学。本刊立足国际科学发展前沿, 兼顾理论探索与应用开发研究, 面向社会, 主要刊登农业科学、林业科学、植物保护、资源环境科学、园艺科学、动物科学、动物医学、食品科学、农田水利与建筑工程、机械与电子工程、生物技术与基础学科等方面具有创新性或实用性的学术论文、研究简报、文献综述, 以及反映最新科研成果的快报。读者对象为国内外农林科技工作者、高等院校教师、研究生和农林管理干部。

《西北农林科技大学学报(自然科学版)》为月刊, 每月 10 日出版, 国内外公开发行。每期定价 10 元, 全年 120 元。邮发代号为 52 - 82, 全国各地邮局均可订阅, 亦可直接向编辑部订阅。国外总发行为中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱)。

编辑部地址: 陕西杨凌 西北农林科技大学北校区 40 号信箱

邮编: 712100; 电话: 029-87092511; E-mail: xb2511@yahoo.com.cn

网址: <http://XBNY.chinajournal.net.cn>; <http://xbnydxxb.periodicals.net.cn>