

# 影响南京地区桂花秋季开花期变化的关键气候因子研究

郝日明<sup>1</sup>, 张璐<sup>1</sup>, 张明娟<sup>1</sup>, 向其柏<sup>2</sup>, 臧德奎<sup>3</sup>

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095; 2. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏南京 210037;  
3. 山东农业大学林学院, 山东泰安 271018)

**摘要:** 根据 2000 年至 2005 年桂花 (*Osmanthus fragrans* Lour.) 盛花期的物候变化和开花前 1~5 周的气象资料, 运用主成分分析法研究了影响南京地区桂花秋季开花的主要气候因子。结果显示, 开花期与开花前周平均最低温度有较大关系, 开花前 4 周的周平均最低温度持续走低有利于开花, 尤其是开花前 1 周的周平均最低温度持续在 18℃ 以下时, 桂花进入盛花期。开花前适宜的降水增加了空气相对湿度, 能促进开花; 降水量过大则延迟开花。剧烈的气温波动不利于开花。该研究有助于预测秋天桂花的开花时间, 为实现花期调控提供科学依据。

**关键词:** 桂花; 开花期; 主成分分析; 南京

**中图分类号:** Q948.112+.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2006)03-0031-04

**Study on key climate factors influencing blooming of *Osmanthus fragrans* at autumn in Nanjing**  
HAO Ri-ming<sup>1</sup>, ZHANG Lu<sup>1</sup>, ZHANG Ming-juan<sup>1</sup>, XIANG Qi-bai<sup>2</sup>, ZANG De-kui<sup>3</sup> (1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 3. College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2006, 15(3): 31-34

**Abstract:** Using the principal component analysis method, key climate factors influencing blooming of *Osmanthus fragrans* Lour. were investigated on the basis of phenological phenomena in full blooming period and meteorologic data of 1st to 5th week before blooming at autumn in Nanjing from 2000 to 2005. The results show that week-mean minimum temperature before blooming has a great effect on blooming of *O. fragrans*. Generally, the continually descending of average minimum temperature of the 4th week before blooming will facilitate blooming at autumn. When average minimum temperature of the 1st week before blooming persists is lower than 18℃, *O. fragrans* will come into full blooming period. Moderate precipitation can increase relative air humidity, which is conducive to blooming; while too much precipitation will delay blooming time. Additionally, violent temperature fluctuation is harmful to blooming. These results are helpful for predicting blooming time of *O. fragrans*, and also can provide scientific basis for regulating blooming time.

**Key words:** *Osmanthus fragrans* Lour.; blooming period; principal component analysis; Nanjing

桂花 (*Osmanthus fragrans* Lour.) 为著名的香花常绿树种, 在长江流域的许多城镇作为绿化树种广为栽培。作为中国十大传统名花之一, 杭州、苏州和桂林等 18 个市、县将其列为市花<sup>[1]</sup>。不少城市的公园在秋季举办桂花节, 如南京的灵谷寺桂花节、镇江的金山桂花节和上海在漕河泾风景区举办的上海桂花节等, 均有一定的影响。目前国内对桂花的研究主要集中在品种分类和形态特征等方面, 对影响桂花花期的气候因素的研究较少。由于受诸多因子影

响, 一直没有有效的预测桂花开花时间的方法, 不利于桂花节的时间安排。秋季桂花以盛花期开花品种最具观赏价值, 因此, 作者以南京地区为例, 分析了秋季桂花盛花期与气候因子变化的关系。

**收稿日期:** 2006-03-10

**基金项目:** 中国花卉协会桂花分会“申报桂花品种国际登录权”专项资助

**作者简介:** 郝日明 (1959-), 男, 江苏南京人, 硕士, 教授, 主要从事植物分类学和生态学的教学和科研工作。

## 1 研究方法

以南京地区露地栽培的秋季开花的桂花为研究对象,不包括四季桂品种群。秋季开花的桂花包括银桂品种群、金桂品种群和丹桂品种群,合称秋桂类。秋桂类按花期又分早花品种、中花品种和晚花品种,其中盛花期主要是中花品种,在南京主要有籽银桂‘Ziyingui’、波叶金桂‘Boye Jingui’、潢川金桂‘Huangchuan Jingui’和圆瓣金桂‘Yuanban Jingui’等品种,是南京地区秋季赏桂的主要品种。因此,笔者仅讨论影响这些中花品种开花的关键气候因子。

对2000年至2005年南京地区秋桂盛花期(中花期品种开花个体达50%)的开花时间进行记录,并依据各年的开花时间,分别统计开花前1~5周的气候资料。收集日最高气温、日最低气温和降水天数等气象资料(因降水量和空气相对湿度资料获取成本较大,故用降水天数代替),以此为基础资料统计出周平均最高温度、周平均最低温度、周平均温度、周均温差和最低温度周温差等指标。其中,周平均最高温度为1周内每日最高温的平均值;周平均

最低温度为1周内每日最低温的平均值;周平均温度为周平均最高温度和最低温度之和的1/2;周均温差为周平均最高温度和最低温度的差值;最低温度周温差为1周内日低温的最高值与最低值间的差值;降水天数以1周内降水天数为单位。运用SAS软件,采用主成分分析法对数据进行分析<sup>[2]</sup>。

## 2 结果和分析

### 2.1 南京地区秋桂开花时间分析

南京地区的秋桂开花时间及开花前1~5周气候数据见表1。结果表明,2000年南京地区秋桂的盛花期出现在10月3日;2001年出现在10月2日;2002年出现在10月14日;2003年出现在10月5日;2004年出现在9月25日;2005年出现在9月28日。其中,2004年秋桂的盛花期最早,2002年出现最迟,二者相差近20 d。

### 2.2 主成分分析

将6个年份作OUT,乘以30个气候因子变量,建立相关系数矩阵表,输入SAS软件作分析,结果见表2。主成分分析结果表明,前3个主成分的累

表1 南京地区秋桂类花期及开花前1~5周的气候数据

Table 1 The blooming time of *Osmanthus fragrans* Lour. and climate parameters of 1-5 weeks before blooming at autumn in Nanjing

参数 Parameter	开花前周数 Week number before blooming	不同年份观测值 Observation value in different years					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
周平均最高温度/℃ Week mean maximum temperature	before 1st week (v1)	23.4	26.4	26.0	22.6	25.1	24.7
	before 2nd week (v2)	27.1	27.0	28.7	28.0	29.1	31.7
	before 3rd week (v3)	28.4	29.5	27.2	28.0	28.0	29.7
	before 4th week (v4)	25.9	28.8	26.4	27.4	30.0	28.4
	before 5th week (v5)	31.0	28.9	27.1	31.3	30.6	27.6
周平均温/℃ Week mean temperature	before 1st week (v6)	21.0	22.2	21.0	19.4	22.0	21.4
	before 2nd week (v7)	23.6	23.6	22.5	23.1	24.8	27.4
	before 3rd week (v8)	23.8	25.4	22.0	24.7	24.6	25.4
	before 4th week (v9)	22.9	24.9	22.4	24.1	26.7	24.9
	before 5th week (v10)	27.9	25.3	23.9	27.8	27.5	24.6
周均温差/℃ Week mean deviation of temperature	before 1st week (v11)	4.8	8.4	10.7	6.3	7.4	6.6
	before 2nd week (v12)	7.1	6.9	12.1	9.7	7.7	8.7
	before 3rd week (v13)	9.3	8.2	10.3	6.6	6.7	8.6
	before 4th week (v14)	6.0	7.9	8.1	6.4	6.7	7.0
	before 5th week (v15)	6.3	7.3	6.5	7.0	6.2	6.0
周平均最低温度/℃ Week mean minimum temperature	before 1st week (v16)	18.6	18.0	15.3	16.3	17.2	18.1
	before 2nd week (v17)	20.0	20.1	16.5	18.3	21.4	23.0
	before 3rd week (v18)	19.1	21.3	16.9	21.4	21.3	21.1
	before 4th week (v19)	19.9	20.9	18.3	21.0	23.3	21.4
	before 5th week (v20)	24.7	21.6	20.6	24.3	24.4	21.6

续表1 Table 1 (Continued)

参数 Parameter	开花前周数 Week number before blooming	不同年份观测值 Observation value in different years					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
最低温度周温差/℃ Week deviation of daily minimum temperature	before 1st week (v21)	2	2	4	5	7	5
	before 2nd week (v22)	4	4	10	2	3	2
	before 3rd week (v23)	2	3	3	7	3	2
	before 4th week (v24)	3	3	5	3	3	2
	before 5th week (v25)	3	3	8	5	3	1
降水天数/d Precipitation days	before 1st week (v26)	5	1	0	3	0	3
	before 2nd week (v27)	5	0	1	0	1	2
	before 3rd week (v28)	2	1	0	3	1	2
	before 4th week (v29)	4	0	0	2	1	3
	before 5th week (v30)	3	3	1	3	1	4
开花时间 Blooming time (MM-DD)		10-03	10-02	10-14	10-05	09-25	09-28

表2 影响南京秋桂开花期的各气候因子指标主成分的方差贡献率和累积方差贡献率  
Table 2 Characters in variance proportion and accumulative variance of five principal components in climate factors affecting blooming of *Osmanthus fragrana* Lour. at autumn in Nanjing

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率 Ratio of contribution	累积贡献率 Accumulative ratio of contribution
1	12.455 414 1	0.415 2	0.415 2
2	6.812 055 8	0.227 1	0.642 2
3	5.138 974 1	0.171 3	0.813 5
4	3.017 867 8	0.100 6	0.914 1
5	2.575 688 1	0.085 8	1.000 0

计贡献率达0.813 5,具有分析价值。

第1主成分在开花前4周的周平均最低温度

(v16~v19)上有较大的正载荷,表明周平均最低温度对秋桂的开花时间起重要作用。开花前第3周的降水天数(v28)的正载荷也较大,此时降水不仅有利于桂花植株本身吸收水分,同时还能增加随后几天的空气相对湿度。但在第2周和第4周的最低温度周温差(v22、v24)上有较大的负载荷,且在开花前第1周和第2周的周均温差(v11、v12)上也有较大负载荷。异常天气变化会导致最低温度周温差剧烈变化,同时影响周均温差,表明诸如寒流暴雨等异常气候变化不利于秋桂开花。

从第2主成分的相关特征向量数据看(见表3),在开花前1周的周平均最高温度(v1)和周平均

表3 影响南京秋桂开花期变化的气候因子的相关特征向量数据

Table 3 The eigenvectors of correlation matrix characters of climate factors influencing blooming of *Osmanthus fragrans* Lour. at autumn in Nanjing

参数 Parameter	开花前周数 Week number before blooming	第1主成分 Prin. 1	第2主成分 Prin. 2	第3主成分 Prin. 3
周平均最高温度/℃ Week mean maximum temperature	before 1st week (v1)	-0.146 620	0.301 657	-0.054 290
	before 2nd week (v2)	0.050 082	0.187 200	-0.090 842
	before 3rd week (v3)	0.175 544	0.182 710	-0.176 344
	before 4th week (v4)	0.114 457	0.295 647	0.209 049
	before 5th week (v5)	0.160 968	-0.222 644	0.197 784
周平均温度/℃ Week mean temperature	before 1st week (v6)	0.007 112	0.300 907	-0.115 653
	before 2nd week (v7)	0.174 244	0.206 671	-0.151 434
	before 3rd week (v8)	0.237 082	0.144 679	0.054 645
	before 4th week (v9)	0.164 558	0.241 121	0.205 716
	before 5th week (v10)	0.168 882	-0.222 568	0.171 022
周均温差/℃ Week mean deviation of temperature	before 1st week (v11)	-0.245 055	0.177 730	0.077 598
	before 2nd week (v12)	-0.214 727	-0.057 541	0.056 161
	before 3rd week (v13)	-0.177 813	-0.023 543	-0.342 109
	before 4th week (v14)	-0.205 431	0.231 378	-0.009 898
	before 5th week (v15)	-0.052 397	-0.036 981	0.193 593

续表 3 Table 3 (Continued)

参数 Parameter	开花前周数 Week number before blooming	第 1 主成分 Prin. 1	第 2 主成分 Prin. 2	第 3 主成分 Prin. 3
周平均最低温度/℃ Week mean minimum temperature	before 1st week (v16)	0.214 120	0.045 383	-0.226 013
	before 2nd week (v17)	0.228 157	0.192 051	-0.116 714
	before 3rd week (v18)	0.233 305	0.114 715	0.178 642
	before 4th week (v19)	0.210 010	0.159 335	0.199 898
	before 5th week (v20)	0.176 959	-0.214 215	0.145 437
最低温度周温差/℃ Week deviation of daily minimum temperature	before 1st week (v21)	0.046 695	0.107 945	0.249 672
	before 2nd week (v22)	-0.274 320	-0.010 531	-0.080 192
	before 3rd week (v23)	0.005 883	-0.167 014	0.339 800
	before 4th week (v24)	-0.270 939	-0.072 764	0.054 848
	before 5th week (v25)	-0.251 710	-0.132 555	0.129 834
降水天数/d Precipitation days	before 1st week (v26)	0.158 886	-0.246 011	-0.215 595
	before 2nd week (v27)	0.069 846	-0.168 149	-0.324 045
	before 3rd week (v28)	0.210 736	-0.193 977	0.047 467
	before 4th week (v29)	0.183 131	-0.195 053	-0.218 008
	before 5th week (v30)	0.176 544	-0.031 755	-0.192 720

温度(v6)上有较大的正载荷,而在开花前 1 周的降水天数(v26)上负载荷较大,这表明秋桂开花前 1 周晴好天气,有利于开花。

### 3 讨 论

秋桂的开花时间受温度、空气相对湿度、光照、土壤养分和水分等诸多环境因素影响,因而,花期难以预测。主成分分析法是发现主导影响因子的有效方法之一<sup>[2]</sup>。有学者已注意到日最低温和空气相对湿度有利于桂花开花<sup>[3]</sup>。在南京地区进入 9 月中下旬,应注意观察日最低温数值和持续时间,如果水分条件适宜,连续 4 周最低温持续走低,且在开花前 1 周内平均最低温度低于 18℃,则促进秋桂的中花品种开花。降水能够促进或延迟开花时间,开花前 3 周如果降水充足,则有利于开花,这可能与促进植株吸收水分,且对随后 2 周增加空气相对湿度有关。如果持续干旱则将延迟开花时间,例如,在 2002 年,开花前 3 周的周平均最低温度已达到促进开花的低温条件,但由于当年持续 2 个多月的干旱,花期则延至 10 月 14 日。雨水适宜能促进开花,例如雨水充足的 2000 年,在周平均最低温度为 18.6℃时就能开花;又如 2004 年和 2005 年雨水适宜,开花期可提早至 9 月下旬。

本研究结果能够较好地解释秋桂在 1 年内能够

多次开花的现象。秋桂早花品种对周平均最低温度要求在 20℃左右,而秋桂的晚花品种需要更低的周平均最低温度诱导。如果秋季气温是逐渐变冷的,则秋桂早花、中花和晚花品种依次开花,花期连续,当年则呈现 1 次性开花;如果秋桂早花品种开花后,随后天气的周平均最低温度维持在 20℃以上,则抑制了秋桂中花品种的开花,只有当气温下降后,秋桂中花品种才能开花,早花品种开花期和中花品种的开花期之间出现了时间间隔,当年就出现 2 次开花现象。

本研究结果也能很好地解释生长在不同气候带的秋桂花期的变化规律。山东南部开花期早于南京,杭州开花期迟于南京,可解释为北方地区出现促进秋桂开花的最低温的时间早于南方地区。而在低纬度的广州,由于缺乏促进秋桂开花的最低温条件,园林上无秋桂栽植,只能种植四季桂品种群。

**致谢:** 南京中山陵园管理局张思平先生提供了 2000 年和 2001 年南京桂花开花资料,在此表示感谢。

#### 参考文献:

- [1] 向其柏,刘玉莲. 桂花品种国际登录地展望[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2001, 25(5): 67-70.
- [2] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京:中国林业出版社, 1986. 20-36.
- [3] 李 军,杨秋珍,杨康民. 银桂初花物候的气候条件[J]. 植物生态学报, 2006, 30(3): 421-425.

# 滇芎属与瘤果芹属果实表面微形态特征及其分类学意义

蒲高忠<sup>1,2</sup>, 刘启新<sup>1,①</sup>

(1. 江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014;  
2. 广西壮族自治区·中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

**摘要:** 对中国伞形科滇芎属(*Physospermopsis* Wolff)和瘤果芹属(*Trachydium* Lindl.) 12个种的果实表面微形态特征进行了扫描电镜比较观察。根据果实棱槽、外果皮细胞轮廓和蜡质纹饰的特征,这2个属的果实表面微形态可划分为3种类型:1)棱槽平滑-外果皮细胞轮廓不可见-无或少蜡质纹饰型;2)棱槽具瘤-外果皮细胞轮廓不可见-蜡质纹饰近平直或线纹型;3)棱槽粗糙-外果皮细胞呈4~6边形-蜡质纹饰波纹或网纹型。在此基础上,结合形态学特征探讨了滇芎属与瘤果芹属之间的关系和属下种间关系。

**关键词:** 滇芎属; 瘤果芹属; 伞形科; 果实; 微形态特征

**中图分类号:** Q949.763; Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2006)03-0001-06

**The micromorphological features of pericarp surface of *Physospermopsis* and *Trachydium* (Apiaceae) in China and its taxonomic significance** PU Gao-zhong<sup>1,2</sup>, LIU Qi-xin<sup>1,①</sup> (1. Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2006, 15(3): 1-6

**Abstract:** The pericarp surface ornamentations of seven species of *Physospermopsis* Wolff and five species of *Trachydium* Lindl. in China were observed under SEM. The results indicated that the ornamentation variation of pericarp surface was obvious at interspecies and genus levels. Three types of fruits from this two genera were distinguished based on comparison of pericarp surface features of these species. The first and the second types were all characterized by invisible outline of cell on pericarp surface, but the ornamentation at the first type was lack or sparseness striate, which was lineate at the second type. The third type appeared the shape of cell on pericarp surface, which was often quadrangle to hexagon with the wavy stria or reticulate ornamentation. Furthermore, the evolutionary relationships between two genera and among species were separately discussed combining with external morphological features.

**Key words:** *Physospermopsis* Wolff; *Trachydium* Lindl.; Apiaceae; fruit; micromorphological feature

滇芎属(*Physospermopsis* Wolff)是Wolff于1925年以滇芎(*P. delavayi* (Franch.) Wolff)为模式建立的,全世界约有10种,其中8种分布于中国横断山区,中国特有种4种<sup>[1-3]</sup>;瘤果芹属(*Trachydium* Lindl.)是Lindley于1835年以瘤果芹(*T. roylei* Lindl.)为模式建立的,约6种,广泛分布于中亚到喜马拉雅地区和中国西南地区,中国均产,中国特有种4种,二者隶属于伞形科(Apiaceae)芹亚科(Apioideae)美味芹族(Smyrnieae)。这2个属自建立以来其分类关系一直较为复杂,至今仍存在许多问题。由于二者的亲缘关系较近,具有许多相近的宏观形态特征,彼此之间属的界限时常混淆,部分种

类难以归属,而且它们与本族中的一些近缘属如东俄芹属(*Tongoloa* Wolff)、滇芹属(*Sinocarum* Wolff)、矮泽芹属(*Chamaesium* Wolff)、种沟芹属(*Aulacospermum* Ledeb.)和棱子芹属(*Pleurospermum* Hoffm.),甚至与阿米芹族(Ammineae)的苞裂芹属(*Schulzia* Spreng.)、矮伞芹(*Chamaescladium* C. A. Meyer)和藁本属(*Ligusticum* L.)等的界限也时有争

收稿日期: 2006-05-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30370102)

作者简介: 蒲高忠(1980-),男,甘肃西和人,硕士,主要从事植物系统与演化的研究。

① 通讯作者 E-mail: naslqx@yahoo.com.cn

议,是美味芹族中分类比较困难的2个属<sup>[1-8]</sup>。

已有的研究表明<sup>[9-15]</sup>,某些类群的果皮微形态特征具有分类学意义,可作为植物分类研究的性状之一。伞形科果实由于其结构的独特性和性状的稳定性,历来被分类学家所重视,常被作为该科系统分类的重要依据之一,但是有关伞形科果实表面微形态特征的研究报道很少<sup>[16,17]</sup>,滇芎属和瘤果芹属的果实表面微形态特征至今未见报道。为此,作者利用扫描电子显微镜对这2个属的果实表面微形态特征进行比较观察,一方面了解它们的果实微形态特征,分析其分类学意义;另一方面探讨彼此间的关系及有争议种类的归属,为今后研究滇芎属与瘤果芹属以及美味芹族属间的系统演化关系提供果实微形态依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

研究所用的种类共有2属12种,其中滇芎属7种,瘤果芹属5种。实验材料均为成熟果实,取自野生植株或蜡叶标本。每样品的样本量以种为单位各取果实3~5粒。供试的种类及其来源和凭证标本见表1。

### 1.2 方法

在光学显微镜观察的基础上,选取有代表性的果实(分生果),将其放入盛有酒精的烧杯中,用超声振荡器清洗1min,自然风干;然后将果实粘置于导电胶上,再放置到扫描载物台上进行喷金;喷金后的果实移入JSM-5610LV型扫描电镜下观察表面

微形态特征并照相。观察的部位为分生果果棱之间的棱槽,观察内容为果实(分生果)表面突起状况以及蜡质纹饰的类型和分布状况。果实表面微形态术语参考刘长江的种子形态描述<sup>[18]</sup>。

## 2 结果和分析

滇芎属和瘤果芹属的果实都比较小,长1.3~3.0mm,宽0.7~1.6mm,分生果多为卵圆形至广卵形(滇芎属)或宽卵形至长椭圆形(瘤果芹属),果棱5个,不发达,呈丝状突起,因而棱槽较宽。其中,滇芎属果实的棱槽表面观较平,瘤果芹属的果实表面观粗糙或有泡状小瘤。但扫描电镜下观察到的这2个属绝大部分种类的果实棱槽表面特征与在光学显微镜下观察到的有一定的差别,许多细胞的形态性状是以前未观察到的,其中最大的差别是棱槽表面并不平滑,而且有许多蜡质条纹纹饰,其突起状况以及蜡质纹饰类型和分布状况等微形态特征详见表2和图版I。经比较分析,对滇芎属和瘤果芹属果实表面微形态的主要特征进行了归纳:

滇芎属果实表面多为水泡状凸起,少数呈光滑[如波棱滇芎 *Physospermopsis obtusiuscula* (C. B. Clarke) Norman]或粗糙状(如楔叶滇芎 *P. cuneata* Wolff)。水泡状凸起的外果皮细胞的形状多数为4~6边形,外壁中部圆凸或平直;少数表面不为水泡状凸起的种类,细胞形状的轮廓不可见。该属果体表面纹饰为条纹或网纹状(如丽江滇芎 *P. shaniana* C. Y. Wu et F. T. Pu 和楔叶滇芎),但不同种间条纹的长度、曲直度和疏密度有一定的差别。

表1 供试滇芎属和瘤果芹属种类的产地及凭证标本

Table 1 The locality and voucher of species of *Physospermopsis* Wolff and *Trachydium* Lindl. in China

种类 Species	产地 Locality	凭证标本 Voucher
波棱滇芎 <i>P. obtusiuscula</i>	西藏亚东 Yadong, Xizang	青藏队 10626
木里滇芎 <i>P. muliensis</i>	云南丽江 Lijiang, Yunnan	潘泽惠, 等 925
丽江滇芎 <i>P. shaniana</i>	四川昭觉 Zhaojue, Sichuan	无采集人 129095
楔叶滇芎 <i>P. cuneata</i>	云南临沧 Lincang, Yunnan	和炳先 88-42
紫脉滇芎 <i>P. rubrinervis</i>	四川普格 Puge, Sichuan	四川中普队 129100
滇芎 <i>P. delavayi</i>	云南丽江 Lijiang, Yunnan	潘泽惠, 等 84-268
全叶滇芎 <i>P. alepidioides</i>	四川木里 Muli, Sichuan	刘启新 90003
三叶瘤果芹 <i>T. trifoliatum</i>	西藏八宿 Basu, Xizang	李勃生 07323
瘤果芹 <i>T. roylei</i>	云南苍山 Cangshan, Yunnan	和炳先 106
密瘤果芹 <i>T. subnudum</i>	西藏拉萨 Lhasa, Xizang	张永田, 郎开永 2272
裂苞瘤果芹 <i>T. involucellatum</i>	西藏察隅 Chayu, Xizang	西藏队 10626
西藏瘤果芹 <i>T. tibeticum</i>	云南 Yunnan	俞德俊 20645

表2 中国伞形科滇芎属和瘤果芹属的果实表面微形态特征  
Table 2 The micromorphological features of pericarp surface of *Physospermopsis* Wolff and *Trachydium* Lindl. of Umbelliferae in China

种类 Species	外果皮表面 Pericarp surface		表面蜡质条纹 Ornamentation			
	凸起度 Level of bulging	细胞形状 Shape of cell	平直度 Level of straight	长度 Length	密度 Density	纹饰类型 Ornamentation type
波棱滇芎 <i>P. obtusiuscula</i>	近光滑	不可见	弧状	粗短	很疏	弧纹, 呈簇分布
木里滇芎 <i>P. muliensis</i>	水泡状	4-6 边形	波状	细短	密集	波条纹, 稍匀布
丽江滇芎 <i>P. shaniana</i>	水泡状凸起	4-6 边形	皱波状	很短	极密	网纹, 匀布
楔叶滇芎 <i>P. cuneata</i>	凸糙	不可见	皱波状	短	极密	网纹, 匀布
紫脉滇芎 <i>P. rubrinervis</i>	水泡状凸起	4-6 边形	波状	很短	密集	条纹, 匀布
滇芎 <i>P. delavayi</i>	微凸起	4-6 边形	微波状	细短	稀疏	条纹, 不匀
全叶滇芎 <i>P. alepidioides</i>	水泡状凸起	4-6 边形	波状	细短	极密	条纹, 匀布
三叶瘤果芹 <i>T. trifoliatum</i>	粗糙, 有瘤	不可见	波状	短	较密	交织网条纹, 匀布
瘤果芹 <i>T. roylei</i>	粗糙, 有瘤	不可见	平直	长	密集	线纹, 稍匀布
密瘤瘤果芹 <i>T. subnudum</i>	粗糙, 有瘤	不可见	近平直	长	稀疏	线纹, 稍匀布
裂苞瘤果芹 <i>T. involucellatum</i>	粗糙	不可见	近平直	长	稀疏	线纹, 不匀
西藏瘤果芹 <i>T. tibeticum</i>	粗糙, 有瘤	不可见	波状	很短	稀疏	条纹, 稍匀布

瘤果芹属果实棱槽表面均粗糙, 多数种类有瘤状突起(如三叶瘤果芹 *Trachydium trifoliatum* Wolff 和密瘤瘤果芹 *T. subnudum* C. B. Clarke ex Wolff)。外果皮细胞轮廓均不可见。表面纹饰为线纹、条纹或网条纹, 线纹长而平直, 条纹和网纹则比较短且疏松呈波状。

## 3 讨 论

### 3.1 果实表面微形态特征类型和系统学意义

从所观察的 12 个种类的果实表面微形态特征可以看出(表 2), 滇芎属和瘤果芹属的果实表面微形态特征有一定的变异, 其中表面凸起程度有光滑的或粗糙的或有瘤状小泡; 外果皮细胞有明显呈 4~6 边形的、不规则多边形的或不见细胞形状的; 表面蜡质纹饰有近平直的线纹、波状的条纹、多皱网纹和脑网纹, 也有表面光滑无蜡质条纹的。根据细胞轮廓可见程度和外壁表面纹饰的类型, 它们可分为如下 3 种类型:

类型 I: 棱槽平滑 - 外果皮细胞轮廓不可见 - 无或少蜡质纹饰型。这种类型的果实整个棱槽表面光滑或近光滑; 外果皮细胞轮廓不可见或几乎看不清; 细胞表面无纹饰或仅有短而稀疏的蜡质条纹。属于这一类型的种类极少, 只有波棱滇芎 1 种。

类型 II: 棱槽具瘤 - 外果皮细胞轮廓不可见 - 蜡质纹饰近平直或线纹型。这种类型的果实整个棱槽并不平滑, 表面粗糙, 有些具瘤状突起(如瘤果芹

属); 外果皮细胞轮廓不可见或看不清, 但细胞表面均有蜡质纹饰。纹饰有 2 种类型, 或为近平直的线纹, 如裂苞瘤果芹 (*T. involucellatum* R. H. Shan et F. T. Pu)、密瘤瘤果芹和瘤果芹 (*T. roylei* Lindl.); 或为波状条纹、波状线纹或网纹, 如西藏瘤果芹 (*T. tibeticum* Wolff) 和三叶瘤果芹。

类型 III: 棱槽粗糙 - 外果皮细胞呈 4~6 边形 - 蜡质纹饰波纹或网纹型。这种类型的果实整个棱槽表面平整但不光滑; 外果皮细胞轮廓明显可见, 细胞呈 4~6 边形, 细胞壁呈水泡状凸起; 果体棱槽表面均有蜡质纹饰。根据纹饰类型和分布, 又可分为如下 2 类: 1) 纹饰呈短波状条纹的, 如滇芎 [*P. delavayi* (Franch.) Wolff]、木里滇芎 (*P. muliensis* R. H. Shan et S. L. Liou)、紫脉滇芎 [*P. rubrinervis* (Franch.) Norman] 和全叶滇芎 [*P. alepidioides* (Wolff et Hand. -Mazz.) R. H. Shan]; 2) 纹饰为网纹状的, 如丽江滇芎和楔叶滇芎。

根据上述的研究结果和比较分析可以看出, 滇芎属和瘤果芹属在分生果棱槽表皮的突起度、外果皮细胞形状的可见度和蜡质纹饰类型上有明显的差异, 瘤果芹属的大多数种类属于类型 II, 而滇芎属的大多数种类属于类型 III。由此可见, 除个别种(如波棱滇芎)外, 分生果棱槽表面的突起度和外果皮细胞形状的可见度可以作为分属的依据, 而外果皮蜡质纹饰则表现出种间差异性。因此, 果皮微形态特征在属间和属下种间的划分上都具有一定的分类学意义。

### 3.2 果实表面微形态特征类型与属间关系的界定

滇芎属与瘤果芹属的关系十分密切,但也存在许多问题,其中两属间的界限不清,至今仍是争论的焦点。自滇芎属建立以来,它与一些分布于喜马拉雅山区的植株矮小的高海拔伞形科种类之间的关系一直都比较复杂,尤其是与瘤果芹属之间的争议最多,主要是因为果实较小,形状较为接近,果棱均不太发达,从宏观形态上进行属的分类难度较大。例如,根据植物形态学特征,一些学者认为丽江滇芎、紫脉滇芎和波棱滇芎应归入瘤果芹属,而另外一些学者则主张将它们放在滇芎属中<sup>[1-8]</sup>。由于环境和人为因素的影响,根据粗放的宏观形态学特征难以对这2个属的某些种类的归属问题取得一致的看法。

但通过果实表面微形态特征的比较可以看出,滇芎属与瘤果芹属是可以区分开的。在所观察的种类中,瘤果芹属种类的果实表面微形态特征比较一致,均属于同一种类型,即分生果的棱槽表面粗糙,有些具有明显的瘤状突起,外果皮细胞轮廓均不可见,纹饰类型为波状短条纹或平直的线纹;而滇芎属的大多数种类果实表面微形态特征相近,明显不同于瘤果芹属,如表面多水泡状突起,但无瘤状凸起,细胞形状呈4~6边形,纹饰类型多为短而密集的条纹或网纹。

滇芎属与瘤果芹属的这种关系与果实解剖特征<sup>[19]</sup>和利用花粉微形态特征<sup>[20]</sup>所得出的研究结果较为一致。

### 3.3 果实表面纹饰与属下种间关系

果实微形态特征可为一些外部形态比较相近的种类或分属难以界定的种类的分类学研究提供重要的证据。如滇芎属中的波棱滇芎、丽江滇芎和木里滇芎在植株大小、基生叶形状和分裂回数、总苞片大小和形状及花部结构等特征上相似,不易区分,但它们的果实微形态特征的差异却十分明显:波棱滇芎表面近光滑,细胞形状不可见,表面蜡质条纹为呈冠状分布的短而稀疏的弧纹;而木里滇芎的表面粗糙,细胞4~6边形,表面蜡质条纹呈很短的较密的条纹,可见少量的底面,明显有别于前者。丽江滇芎与木里滇芎相似,虽属于同一类型,但蜡质条纹为极密集的皱波纹,看不见底面,不仅明显不同于波棱滇芎,而且也不同于木里滇芎。同样,由于波棱滇芎具有特殊的果实微形态特征,与本属的其他种类也明

显不同,可以区分。

再如楔叶滇芎与其他种类的关系。该种由于无总苞和小总苞片,有学者甚至认为该种不应放在滇芎属中。现从其果实微形态特征看,它虽然与属内其他种类均不同,果实表面细胞轮廓不象该属其他大部分种类那样清楚,但细胞轮廓仍依稀可见,同时蜡质纹饰与丽江滇芎相近,所以目前暂放在该属中。此外,由于该种的表面细胞轮廓近不可见,与波棱滇芎比较相近,但楔叶滇芎表面蜡质条纹为短而密集的网纹,波棱滇芎表面近光滑,表面蜡质条纹为簇状的稀疏波纹,二者差别很大。不过本种在滇芎属中较为特殊,与其他种明显不同,值得进一步研究。

瘤果芹属中不同种类的果皮表面纹饰特征对于种间关系的探讨同样具有意义(见表2和图版I)。如三叶瘤果芹由于具有无规则的交织网条纹,明显不同于其他种类;再如裂苞瘤果芹是中国特有种,从宏观形态上看,裂苞瘤果芹与瘤果芹和西藏瘤果芹相近,但从果实表面纹饰上看,裂苞瘤果芹与瘤果芹很近,蜡质纹饰均为同一个类型(平直),而与西藏瘤果芹较远(后者为波状纹)。有关瘤果芹属种类的进一步研究另文报道。

综上所述,滇芎属和瘤果芹属果实表面微形态特征尤其是表面的蜡质纹饰是比较复杂和多样的,在种间有明显的区别,在属间也有差别,因此,在讨论属间和属下种间系统演化关系中具有重要的参考价值。

**致谢:**对中国科学院植物研究所标本馆(PE)、重庆市中药研究所标本馆(IMC)和江苏省·中国科学院植物研究所标本馆(NAS)在标本查阅过程中提供的帮助及南京师范大学生命科学学院丁小余教授和王克宇老师在扫描电镜观察实验中给予的帮助和指导,表示诚挚的谢意。

#### 参考文献:

- [1] 单人骅,余孟兰. 中国植物志 第五十五卷 第一分册[M]. 北京: 科学出版社, 1979. 79-105.
- [2] 王萍莉, 溥发鼎. 我国横断山区滇芎属植物花粉形态分化及演化趋势[J]. 云南植物研究, 1992, 14(4): 413-417.
- [3] Wu Z Y, Raven P H, Hong D Y. Flora of China (Vol. 14) [M]. Beijing: Science Press, St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2005. 1-205.
- [4] Wolff H. Umbelliferae asiaticae novae relictiae [A]. Fedde F. Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis [M]. Berlin-Dahlem: Faberstrasse Press, 1929. 179-192.
- [5] Norman C. The genus *Trachydium* [J]. Journal of Botany (London), 1938, 76: 229-233.



- [6] Hiroe M. Umbelliferae of Asia (excluding Japan) [M]. Kyoto: Maruzen Company, 1958. 48-51.
- [7] Pimenov M G, Kljuykov E V, Tishkov A A. Taxonomic and floristic novelties in Chinese Umbelliferae from Qomolangma regions (Xizang, the Himalayas) [J]. Acta Phytotax Sin, 1996, 31(1): 1-11.
- [8] Pimenov M G, Kljuykov E V, Leonov M V. Taxonomic revision of *Pleurospermum* Hoffm. and related genera of Umbelliferae: General part I [J]. Feddes Repertorium, 2000, 111(7-8): 499-515.
- [9] 刘剑秋. 国产胡瓜草、球柱草和关兰草三属果皮微形态特征初探[J]. 西北植物学报, 1997, 17(1): 78-82.
- [10] 杨继, 李映虹. 蓼属植物果皮微形态特征及其分类学意义初探[J]. 西北植物学报, 1991, 11(1): 1-7.
- [11] 王青锋, 黄双全. 泽泻科植物果料和果皮的微形态特征的分类学意义[J]. 武汉大学学报: 自然科学版, 1998, 44(2): 201-205.
- [12] 郑宝江, 邢淑清, 李艳波, 等. 唇形科植物果皮微形态特征及其分类学意义[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(3): 34-35.
- [13] 刘剑秋, 黄进华. 莎草属果皮微形态特征及其微形态学上的意义[J]. 西北植物学报, 1993, 13(4): 283-288.
- [14] Juan R, Fernández I, Pastor J. Systematic consideration of microcharacters of fruits and seeds in the genus *Verbascum* (Scrophulariaceae) [J]. Ann of Botany, 1997, 80: 591-598.
- [15] Juan R, Pastor J, Fernández I. SEM and light microscope observations on fruit and seeds in Scrophulariaceae from southwest Spain and their systematics significance [J]. Ann of Botany, 2000, 86: 323-338.
- [16] Özcan T. Analysis of the fruit surfaces in *Bupleurum* L. (Umbelliferae) with SEM [J]. Plant Systematics and Evolution, 2004, 247(1-2): 61-74.
- [17] Heywood V H. Scanning electron microscopy and microcharacters in the fruit of the Umbelliferae Caucalideae [J]. Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London (Zoology), 1986, 179: 287-289.
- [18] 刘长江, 林 祁, 贺建秀. 中国植物种子形态研究方法和术语[J]. 西北植物学报, 2004, 24(1): 178-188.
- [19] 蒲高忠, 刘启新. 中国滇芎属果实解剖特征及分类学意义[J]. 植物资源与环境学报, 2005, 14(4): 1-6.
- [20] 舒 璞, 余孟兰. 中国伞形科花粉图志[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002.

## 图版说明 Explanation of Plate

图版 I 1~7. 滇芎属果实表面微形态特征: 1. 波棱滇芎( $\times 1000$ ); 2. 木里滇芎( $\times 1000$ ); 3. 丽江滇芎( $\times 1000$ ); 4. 楔叶滇芎( $\times 1000$ ); 5. 紫脉滇芎( $\times 1000$ ); 6. 滇芎( $\times 1000$ ); 7. 全叶滇芎( $\times 1000$ )。8~12. 瘤果芹属果实表面微形态特征: 8. 三叶瘤果芹( $\times 1000$ ); 9. 瘤果芹( $\times 1000$ ); 10. 密瘤果芹( $\times 1000$ ); 11. 裂苞瘤果芹( $\times 1000$ ); 12. 西藏瘤果芹( $\times 1000$ )。

Plate I 1-7. Pericarp surface ornamentations of *Physospermopsis* Wolff under SEM: 1. *P. obtusiuscula* (C. B. Clarke) Norman ( $\times 1000$ ); 2. *P. muliensis* R. H. Shan et S. L. Liou ( $\times 1000$ ); 3. *P. shaniana* C. Y. Wu et F. T. Pu ( $\times 1000$ ); 4. *P. cuneata* Wolff ( $\times 1000$ ); 5. *P. rubrinervis* (Franch.) Norman ( $\times 1000$ ); 6. *P. delavayi* (Franch.) Wolff ( $\times 1000$ ); 7. *P. alepidioides* Wolff et Hand.-Mazz. ( $\times 1000$ ). 8-12. Pericarp surface ornamentations of *Trachydium* Lindl. under SEM: 8. *T. trifoliatum* Wolff ( $\times 1000$ ); 9. *T. roylei* Lindl. ( $\times 1000$ ); 10. *T. subnudum* C. B. Clarke ex Wolff ( $\times 1000$ ); 11. *T. involuclatum* R. H. Shan et F. T. Pu ( $\times 1000$ ); 12. *T. tibeticum* Wolff ( $\times 1000$ ).

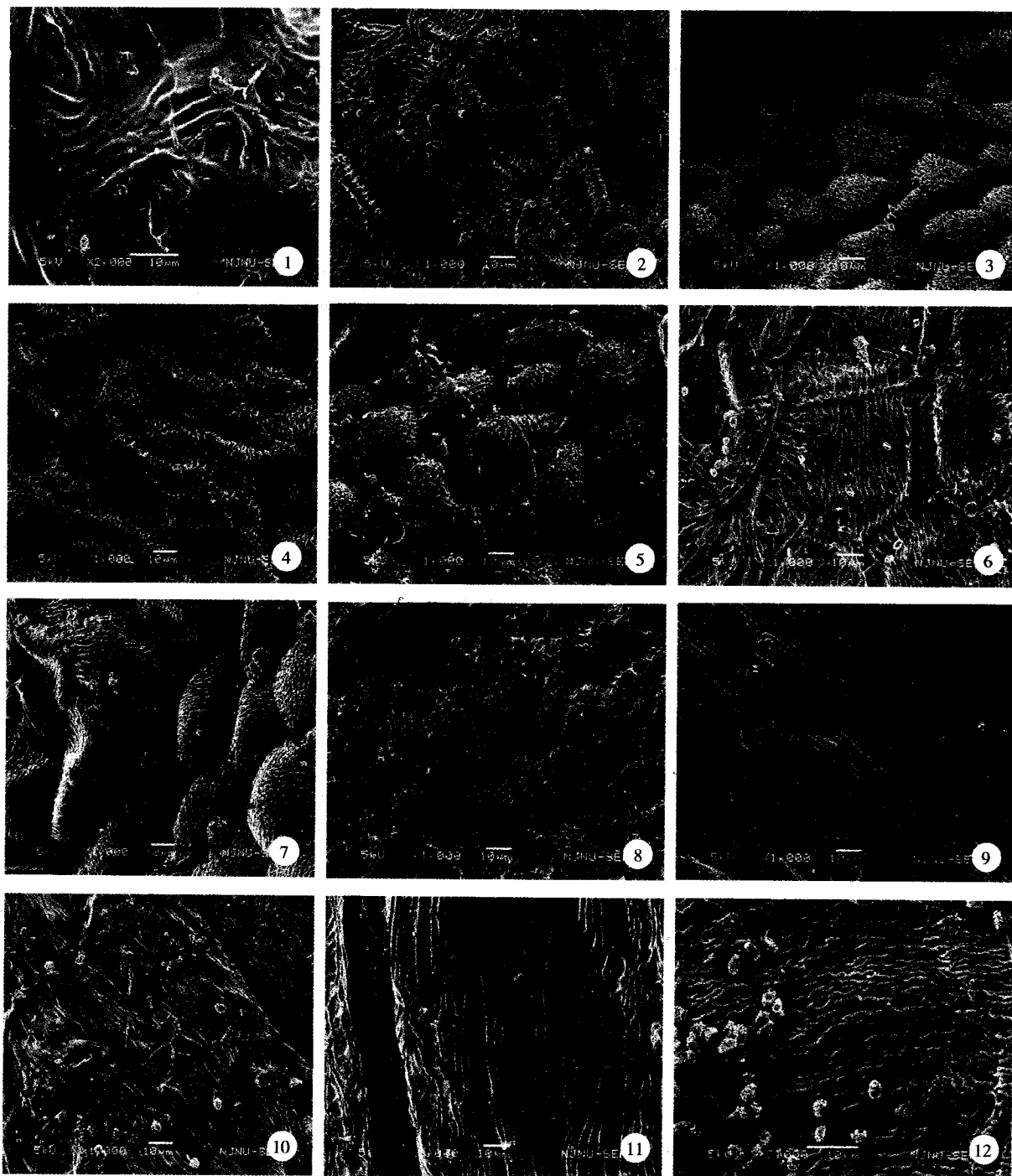
蒲高忠, 等: 滇芎属与瘤果芹属果实表面微形态特征及其分类学意义

图版 I

PU Gao-zhong, et al. : The micromorphological features of pericarp surface of

*Physospermopsis* and *Trachydium* (Apiaceae) in China and its taxonomic significance

Plate I



See the explanation of the end of text