

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.11.008

魔芋属植物花粉的形态研究^①

邓慧君, 刘海利, 张盛林

西南大学 园艺园林学院, 重庆 400715

摘要: 以魔芋属 4 个种的 17 份资源的花粉为试材, 利用扫描电镜对其花粉进行形态观察, 对观察结果进行形态分析和聚类分析. 结果表明: (1) 参试花粉属于大孢粉(50~100 μm), 其花粉壁上均无萌发孔或萌发沟, 花粉形状为长球形或近球形, 极面观为近圆形或扁圆形, 白魔芋和西盟魔芋花粉外壁纹饰为条纹状, 条纹间无穿孔, 珠芽魔芋和疣柄魔芋外壁光滑或粗糙, 其中缅甸珠芽 A 花粉外壁上出现了假沟. (2) 缅甸珠芽 A 为单独一类, 疣柄魔芋 A、疣柄魔芋 B 和缅甸珠芽种子聚为一类, 缅甸珠芽 B 和 2010-052 聚为一类, 其余魔芋聚为一类, 聚类结果与花粉外部形态表现的差异一致. (3) 魔芋属种间花粉形状、花粉大小、纹饰细微特征、条脊粗细等方面存在明显差异, 可为魔芋种间分类鉴定及魔芋属植物的系统演化提供重要依据.

关键词: 魔芋属; 花粉形态; 扫描电镜; 聚类分析; 分类

中图分类号: Q949.71+7.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)11-0051-08

魔芋属 *Amorphophallus* Blume 是天南星科 Araceae 多年生草本植物, 分布范围只在亚洲和非洲, 但非洲至今未人工栽培^[1]. 中国云南南部及中南半岛蕴藏着丰富的野生魔芋资源和较为原始的种群, 因此被认为是魔芋初生起源中心^[2-3]. 目前, 魔芋属共记载了 163 个种, 可分为 3 个类型: 葡甘聚糖型, 如白魔芋、花魔芋等; 淀粉型, 如疣柄魔芋、甜魔芋及南蛇棒等; 中间型, 如攸乐魔芋、西盟魔芋等^[4]. 西盟魔芋和白魔芋为中国特有的魔芋种, 白魔芋的肉质为白色, 是刘佩瑛、陈劲枫 1984 年发现并命名的新种^[5]. 珠芽魔芋是一种繁殖方式独特的野生驯化魔芋种, 其起源于热带雨林, 耐高温高湿, 主要分布于中国云南南部、缅甸北部、老挝、泰国北部及印度尼西亚热带雨林等地区^[6]. 疣柄魔芋分布较广泛, 例如越南、泰国、老挝、缅甸、印度、孟加拉国、马来西亚及我国的云南、广西、广东、海南、香港等地区均有分布^[7].

魔芋有一个重要特性, 即“花叶不见面”, 一般情况下, 一株魔芋只有花器或者叶片. 魔芋一般需要 3~5 年才能分化出花芽, 不同的魔芋种其开花的时间也不一样, 这给魔芋花粉的收集与研究带来很大困难. 前人的研究结果证明, 孢粉学是植物分类的一个重要依据^[8]. 花粉的形态特征受遗传基因控制, 具有较强的稳定性与遗传保守性, 不易受环境因素影响, 因而可以利用花粉粒大小、形状及外壁纹饰研究植物分类与进化关系^[9]. 但国内外对魔芋属植物花粉的研究相对较少, 国外有利用光镜和透射扫描电镜发现花魔芋花粉无萌发沟^[10]的报道; Punekar S A 等^[11]对印度的高止山脉西北部到孔坎地区 8 个类群的魔芋花粉进行外部形态和地理的关系以及对魔芋花粉类群传粉生态学的研究. 国内龚先友^[4]利用光镜和扫描电镜观察了魔芋属 6 个种的花粉, 与 Wang Liping 等所观察的结果一致^[12], 但都只是对魔芋花粉外部形态特征进行了简单描述, 未对其分类鉴定及系统演化进行更深入研究.

本研究以魔芋属 4 个种的 17 份资源为主要试材, 对其花粉形态进行观察, 结合形态分析和聚类分析结果, 比较 17 份魔芋花粉的异同, 旨在对魔芋品种分类及鉴定提供孢粉学依据, 并对魔芋系统演化及植物亲

① 收稿日期: 2016-12-02

基金项目: 重庆市科委“121”科技支撑示范工程项目(104190/40605014).

作者简介: 邓慧君(1991-), 女, 四川广安人, 硕士研究生, 主要从事蔬菜育种及相关生理研究.

通信作者: 张盛林, 研究员.

缘关系研究提供参考.

1 材料与方法

1.1 材料

本试验材料均来自西南大学魔芋研究中心资源圃, 17 份魔芋资源分别为: 白魔芋(金阳白魔芋、老圃 10 号、细叶白魔芋), 西盟魔芋(西双版纳黄魔芋、西盟 B、西盟 C、西盟 E、西盟 F、2010-023、西盟 G、西盟 D), 珠芽魔芋(缅甸珠芽 A、缅甸珠芽 B、缅甸珠芽种子、2010-052), 疣柄魔芋(疣柄魔芋 A、疣柄魔芋 B). 参照蒋学宽^[13]对魔芋新品种形态性状的描述, 对供试魔芋花器的典型性状进行观察与测量, 包括花序柄长($L \leq 15$ cm, 极矮; $15 \text{ cm} \leq L \leq 29.8$ cm, 极矮到矮; $29.8 \text{ cm} \leq L \leq 44.6$ cm, 矮; $44.6 \text{ cm} \leq L \leq 74.2$ cm, 中)、佛焰苞形状(舟状、披肩状), 肉穗花序/佛焰苞(短于、略短于、相等、略长于、明显长于), 附属器颜色(灰白、浅黄、淡紫色、棕褐色、紫色), 中性器官($L \leq 0.5$ cm, 极短; $0.5 \text{ cm} \leq L \leq 0.89$ cm, 极短到短; $0.89 \text{ cm} \leq L \leq 1.28$ cm, 短; $1.28 \text{ cm} \leq L \leq 1.67$ cm, 短到中; $1.67 \text{ cm} \leq L \leq 2.06$ cm, 中; $2.06 \text{ cm} \leq L \leq 2.45$ cm, 中到长; $2.45 \text{ cm} \leq L \leq 2.84$ cm, 长)等重要花器外部特征. 材料具体信息如表 1.

表 1 17 份魔芋资源的相关信息

种	编号	名称	花序柄长	佛焰苞形状	肉穗花序/佛焰苞	附属器颜色	中性器官	
白魔芋 <i>A. albus</i>	1	金阳白魔芋 <i>A. albus</i> Jinyang	极矮到矮	舟状	略短于	浅黄	短	
	2	老圃 10 号 <i>A. albus</i> No. 10	极矮到矮	舟状	相等	浅黄	极短	
	3	细叶白魔芋 <i>A. albus</i> Pumilumu	极矮到矮	舟状	略长于	浅黄	极短	
西盟魔芋 <i>A. krausei</i>	4	西双版纳黄魔芋 <i>A. muelleri</i> Xishuangbanna	矮	舟状	相等	淡紫	短到中	
	5	西盟 B <i>A. krausei</i> B	极矮到矮	舟状	略短于	淡紫	短	
	6	西盟 C <i>A. krausei</i> C	极矮到矮	舟状	相等	淡紫	中	
	7	西盟 E <i>A. krausei</i> E	极矮到矮	舟状	相等	淡紫	长	
	8	西盟 F <i>A. krausei</i> F	矮	舟状	相等	淡紫	短到中	
	9	2010-023	矮	舟状	略长于	淡紫	短到中	
	10	西盟 G <i>A. krausei</i> G	中	舟状	相等	淡紫	中	
	11	西盟 D <i>A. krausei</i> D	矮	舟状	略长于	淡紫	短	
	珠芽魔芋 <i>A. bulbi fer</i>	12	缅甸珠芽 A <i>A. burmanicus</i> A	极矮到矮	披肩状	明显长于	淡紫	无
		13	缅甸珠芽 B <i>A. burmanicus</i> B	矮	披肩状	明显长于	淡紫	无
14		缅甸珠芽种子 <i>A. burmanicus</i> seed	极矮到矮	披肩状	明显长于	灰白	无	
15		2010-052	极矮到矮	披肩状	明显长于	灰白	无	
疣柄魔芋 <i>A. paeonii folius</i>	16	疣柄魔芋 A <i>A. paeonii folius</i> A	极矮	披肩状	明显长于	紫色	无	
	17	疣柄魔芋 B <i>A. paeonii folius</i> B	极矮	披肩状	明显长于	紫色	无	

1.2 方法

试验于 6 月—7 月初的晴天在资源圃收集花粉. 对刚散粉的魔芋, 用手抖动附属器, 将花粉抖落在硫酸纸上, 倒入小瓶中, 置于含硅胶的干燥器中干燥 6 h, 后将花粉置于 4 °C 冰箱内密封干燥保存, 备用. 8 月底进行扫描电镜实验, 将样品用牙签均匀粘在粘有导电胶的样品台上, 于真空喷镀仪中镀铂, 在 SEM(日立 S-450, 日本)下观测, 选择具代表性的花粉分别在 $300 \times$, $700 \times$, $1\ 500 \times$, $3\ 500 \times$ 进行花粉群体、极面观、外壁纹饰的扫描. 每个样品选取有代表性的花粉粒 20 粒, 观测其形态特征并拍照.

1.3 数据统计

利用 CAD 软件测量花粉的数量性状, 即极轴长(P)、赤道轴长(E)、P/E(表示花粉粒形状($P/E > 2$ 为超长球形, $1.14 < P/E < 2$ 为长球形, $0.88 < P/E < 1.14$ 为近球形)、条脊宽、条脊距, 结合电镜显微标尺长度计算其实际长度, 用 EXCEL 进行统计.

对极轴、赤道轴、P/E、条脊宽、条脊距等定量指标取其数值, 花粉形状和外壁纹饰定性指标进行标准化转换后, 利用 SPSS22.0 软件采用欧氏距离和组内连接法进行聚类分析. 其中定性数据采用二元赋值法进行赋值, 肯定状态为“1”, 否定状态为“0”.

2 结果与分析

2.1 花粉外部形态特征观察比较

利用扫描电镜对 17 份魔芋资源的花粉进行形态观察, 结果显示, 疣柄魔芋花粉为深黄色, 其余魔芋花粉为浅黄色. 根据 Erdtman 分级标准(以花粉最长轴的长度来表示), 参试魔芋花粉属于大花粉(50~100 μm)(表 2). 由图 1 所示, 西双版纳黄魔芋、缅甸珠芽 A、缅甸珠芽种子、疣柄魔芋 A、疣柄魔芋 B 的形状为近球形, 其余魔芋花粉形状为长球形. 极面观为近圆形或扁圆形, 均无萌发沟或萌发孔, 其中, 缅甸珠芽 A、缅甸珠芽种子、疣柄魔芋 A 和疣柄魔芋 B 无明显的极轴区分, 可能是由于无极点或无明显区别的赤道面观和极面观.

花粉极轴最大的是缅甸珠芽 A(94.27 μm), 最小的是西双版纳黄魔芋(48.06 μm), 两者之间差异显著; 赤道轴最大的是缅甸珠芽 A(87.15 μm), 最小的是西盟 F(31.45 μm); P/E 最大的是西盟 F(1.65 μm), 最小的是 2010-023(0.73 μm), 两者之间差异显著. 珠芽类魔芋和疣柄类魔芋花粉外壁无条纹纹饰, 白魔芋和西盟魔芋花粉外壁条纹中, 条脊宽最大的是老圃 10 号(2.32 μm), 最小的是西盟 G(0.55 μm), 两者之间差异显著; 条脊距最大的是西盟 G(1.70 μm), 最小的是西盟 F(0.50 μm), 两者之间差异显著.

在 4 个魔芋种之间, 分属珠芽魔芋和疣柄魔芋的花粉粒大小绝大部分大于白魔芋和西盟魔芋花粉粒, 在珠芽魔芋中, 以缅甸珠芽 A 花粉粒最大, 极轴长度为 94.27 μm . 分属珠芽魔芋和疣柄魔芋的花粉粒大小差异不显著. 分属白魔芋和西盟魔芋的花粉条脊宽和条脊距的差异较小.

表 2 魔芋属 17 个材料的花粉形态特征

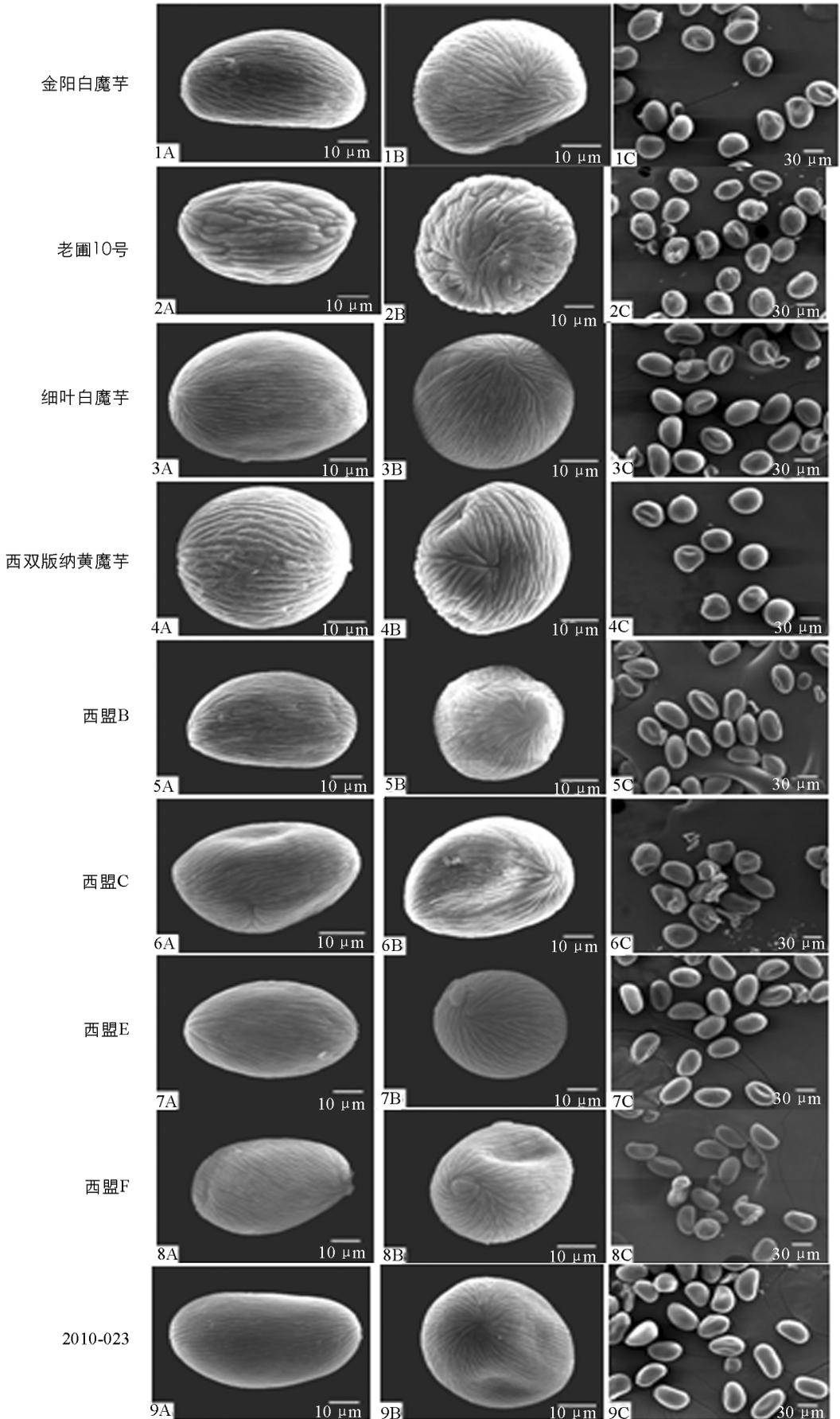
编号	名称	极轴/ μm	赤道轴/ μm	P/E	外壁纹饰			花粉 形状
					条脊宽	条脊距	纹饰类型	
1	金阳白魔芋	51.46±3.69ab	38.17±2.47cd	1.34±0.15d	1.03±0.28efg	1.07±0.27e	pp, 粗疏	长球形
2	老圃 10 号	51.65±3.06ab	38.31±1.64cd	1.35±0.10d	2.32±0.8h	1.70±0.23f	pp, 粗疏	长球形
3	细叶白魔芋	54.34±2.80bc	36.00±4.42bc	1.51±0.22ef	0.66±0.16bc	0.77±0.19cd	pp, 粗疏	长球形
4	西双版纳黄魔芋	48.06±5.10a	42.26±1.99ef	1.14±0.11c	1.21±0.25g	1.65±0.19f	pp, 粗疏	近球形
5	西盟 B	54.46±2.07bc	35.77±2.32bc	1.52±0.12ef	0.76±0.22bcd	0.65±0.21bc	pp, 粗疏	长球形
6	西盟 C	57.07±6.03cd	40.21±4.38de	1.42±0.25de	1.13±0.41fg	0.86±0.27d	pp, 粗疏	长球形
7	西盟 E	54.96±4.31bc	35.80±1.30bc	1.53±0.09ef	0.75±0.18bcd	0.63±0.25bc	pp, 粗疏	长球形
8	西盟 F	51.33±5.38ab	31.45±4.06a	1.63±0.17f	0.86±0.21cde	0.50±0.16b	pp, 粗疏	长球形
9	2010-023	57.33±3.80cd	36.07±1.68bc	1.59±0.15a	0.72±0.08cdef	0.90±0.15f	pp, 粗疏	长球形
10	西盟 G	56.89±3.17cd	33.44±1.25ab	1.70±0.23b	0.90±0.16b	0.55±0.12f	pp, 粗疏	长球形
11	西盟 D	54.84±2.97bc	35.42±1.69bc	1.55±0.15ab	0.78±0.18defg	0.99±0.10f	pp, 粗疏	长球形
12	缅甸珠芽 A	94.27±14.91f	87.15±11.06k	1.08±0.13c	0a	0a	光滑	近球形
13	缅甸珠芽 B	71.79±2.72e	53.05±4.06h	1.35±0.10d	0a	0a	光滑	长球形
14	缅甸珠芽种子	52.41±3.33abc	47.57±2.66g	1.10±0.10c	0a	0a	粗糙	近球形
15	2010-052	60.44±3.38d	44.47±2.15fg	1.36±0.12d	0a	0a	光滑	长球形
16	疣柄魔芋 A	70.76±2.96e	66.39±4.22i	1.07±0.06c	0a	0a	粗糙	近球形
17	疣柄魔芋 B	71.99±2.73e	69.95±1.61j	1.03±0.05c	0a	0a	光滑	近球形

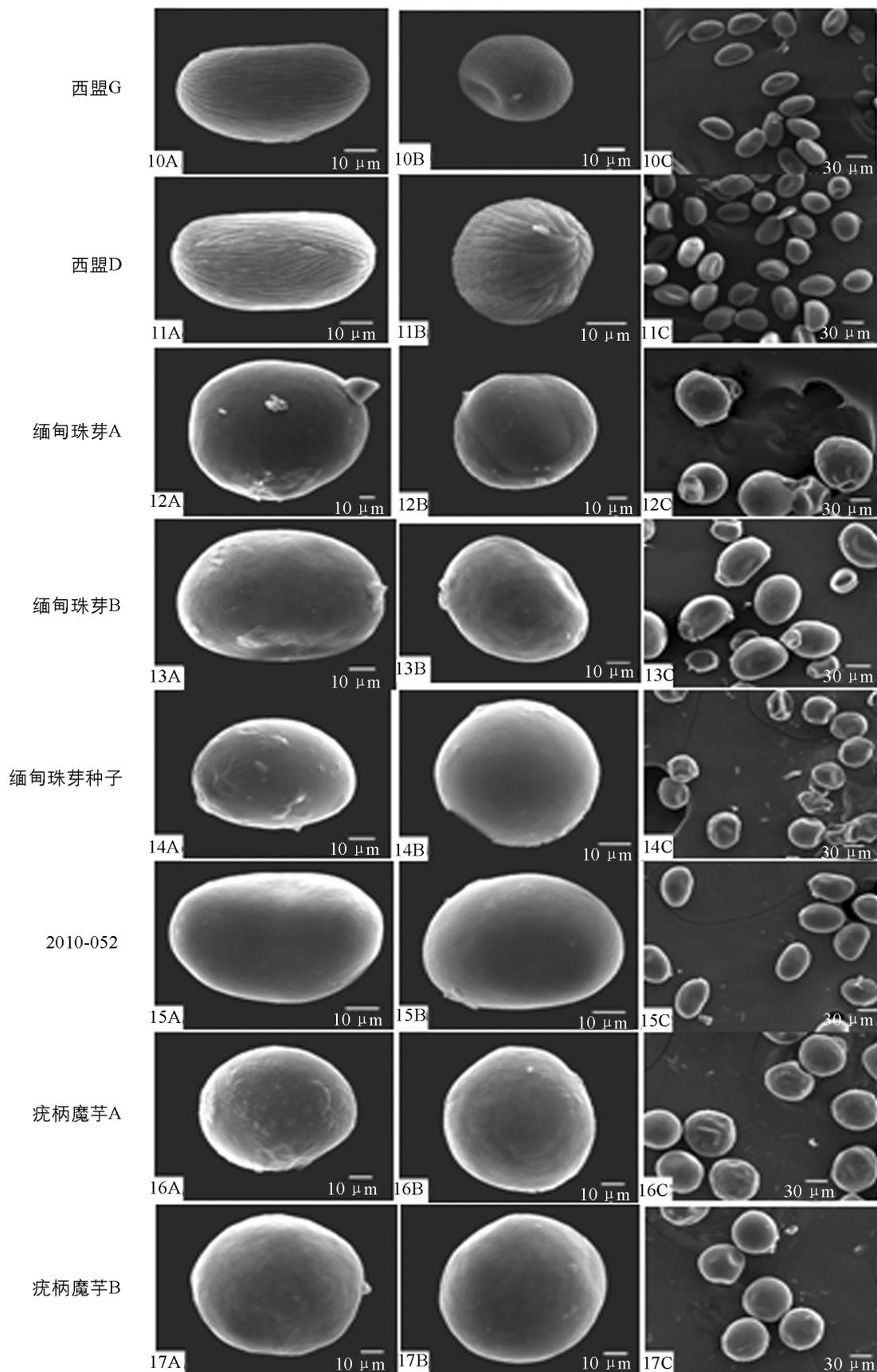
注: PP: 极轴方向平行; 1.14<P/E<2 为长球形, 0.88<P/E<1.14 为近球形; 细条纹束: 条脊宽<0.15 μm ; 粗条纹束: 条脊宽 \geq 0.15 μm ; 条纹束排列疏松: 条脊距 \geq 0.15 μm ; 条纹束排列紧密: 条脊距<0.15 μm .

2.2 花粉外壁纹饰特征

从花粉外壁纹饰来看, 白魔芋和西盟魔芋(图 1)花粉均是条纹状纹饰, 且纹饰较致密, 多数有着较为规则的平行纹饰, 只有老圃 10 号(图 1-2A)的条脊大小不均, 不连续且无规则分布. 魔芋花粉的外壁上均无穿孔, 其条脊分支较少, 且花粉外壁存在不同程度的凹陷. 由极面观看, 细叶白魔芋(图 1-3B)花粉外壁有断裂. 西双版纳黄魔芋花粉外壁附有粘着物(图 1-4A). 西盟 F 外壁条纹走向明显区别其他花粉粒外壁纹饰. 西盟 F 和西盟 G 极轴端呈螺旋状. 珠芽魔芋和疣柄魔芋花粉外壁无条纹状纹饰, 其中, 珠芽魔芋 A、珠芽魔芋 B、2010-052 和疣柄魔芋 B 花粉外壁较光滑, 珠芽魔芋种子和疣柄魔芋 A 花粉外壁较粗糙. 珠芽魔芋

A 外壁上出现了假沟, 由花粉群体观可以看出, 参试魔芋属花粉有不同程度的败育花粉存在。





图片上的数字代表样品编号; A: 赤道面观; B: 极面观; C: 花粉群体。

图 1 17 份魔芋花粉在扫描电镜下的花粉形态

2.3 聚类分析

聚类分析结果表明(图 2), 17 份魔芋资源的花粉可以分为 4 个类群. 第一类群是西盟 B、西盟 E、细叶白魔芋、2010-023、西盟 D、西盟 F、西盟 G、金阳白魔芋、西盟 C、老圃 10 号、西双版纳黄魔芋, 花粉外壁特点是, 均有条纹状纹饰, 且大多数条脊走向较平行规则, 球形花粉大小为 $48.06 \sim 57.33 \mu\text{m}$, P/E 值为 $1.14 \sim 1.70$, 这些魔芋的花外部形态(表 1)为佛焰苞均为舟状, 且均有中性器官; 第二类群是缅甸珠芽 B 和 2010-052, 花粉外壁无条纹状纹饰且表面较光滑, 球形花粉大小为 $60.44 \sim 71.79 \mu\text{m}$, P/E 值为 $1.35 \sim 1.36$; 第三类群是疣柄魔芋 A、疣柄魔芋 B 和缅甸珠芽种子, 花粉形状为近球形且球形花粉大小为 $52.41 \sim 71.99 \mu\text{m}$, 花的外部形态共同点是花序柄极矮, 佛焰苞形状为披肩状; 第四类群是缅甸珠芽 A, 花粉形状为近球形且花粉最大, 为 $94.27 \mu\text{m}$, P/E 值为 1.08 , 明显区别于其他花粉.

使用平均连结的树状图(组内)
重新调整的距离聚集结合

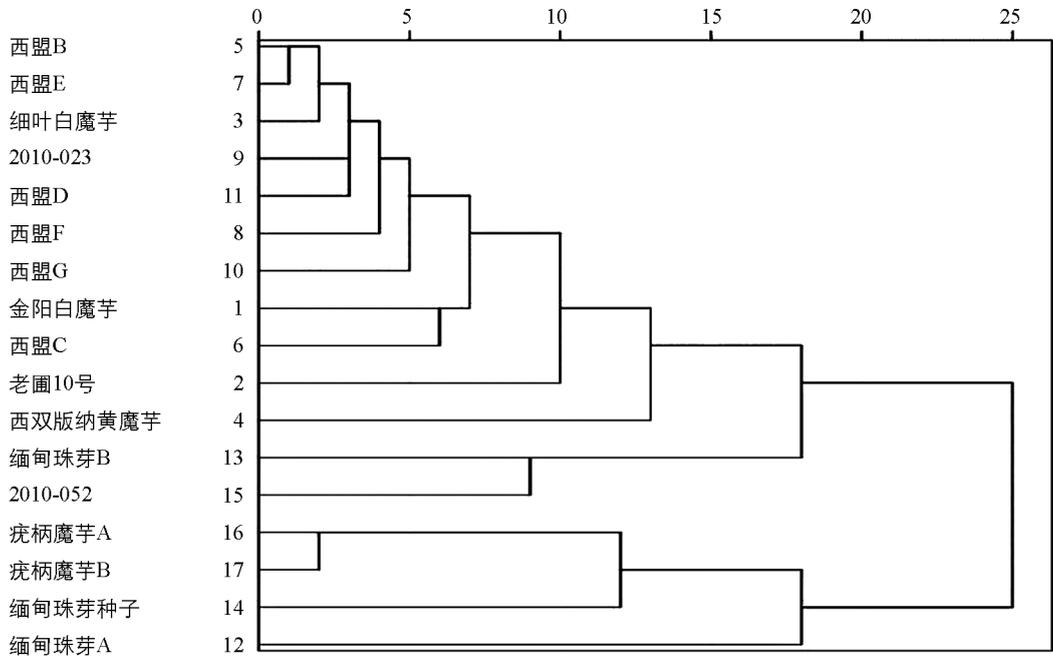


图 2 魔芋属花粉形状聚类分析树状图

3 讨论

3.1 花粉形态对魔芋品种分类及鉴定的意义

通过对 17 份魔芋资源的花粉形态观察发现, 魔芋种间花粉形态在花粉粒大小、花粉形状、条脊宽、条脊距、纹饰类型上有相同之处, 同时又存在一定差异, 说明每个品种花粉各有其独特的形态特征. 观察发现, 白魔芋和西盟魔芋花粉外壁纹饰为条纹状纹饰, 与龚先友研究结果一致, 其与疣柄魔芋和珠芽魔芋花粉的外壁纹饰存在明显不同; 珠芽魔芋花粉和疣柄魔芋花粉外壁存在光滑或粗糙的情况, 这与 Sachin A 的结果存在差异. 4 个种的魔芋资源的花粉外壁上均无穿孔, 与芦建国等^[14]研究的梅花花粉外壁上存在穿孔的情况明显不同. 魔芋属花粉形状为长球形或近球形. 在种的水平上, 不同种魔芋的花粉粒大小也存在一定差异. 白魔芋花粉大小为 $51.46 \sim 54.34 \mu\text{m}$, P/E 值为 $1.34 \sim 1.51$, 条脊宽为 $0.66 \sim 1.03 \mu\text{m}$, 与珠芽魔芋和疣柄魔芋存在明显差异. 珠芽魔芋花粉大小为 $52.41 \sim 94.27 \mu\text{m}$, 均无条脊, 其中缅甸珠芽 A 大小为 $94.27 \mu\text{m}$, (图 1)可明显区别于其他花粉. 西盟魔芋花粉大小为 $70.76 \sim 71.99 \mu\text{m}$, 就花粉大小而言, 与珠芽魔芋差异不大. 西盟魔芋的花粉大小为 $48.06 \sim 57.33 \mu\text{m}$, P/E 值为 $1.14 \sim 1.70$, 与白魔芋花粉差异较小. 此外, 聚类结果显示, 白魔芋和西盟魔芋聚为一类, 而白魔芋和西盟魔芋花的外部形态特征共同点是佛焰苞为舟状且均有中性器官, 与其花粉的形态特征的共同点表现出一致性. 疣柄魔芋与缅甸珠芽魔芋聚为一类, 其共同点是花粉形状为近球形, 花的外部形态共同点是花序柄极矮, 肉穗花序明显长于佛焰苞.

武海霞等^[15]在研究桉树花粉形态时指出, 花粉粒外部形态细微特征的差异可作为种间鉴别的重要依据. 魔芋不同种的花粉形态特征及花外部形态存在的差异, 可为其品种分类及鉴定提供参考. 4 种魔芋花粉虽然在外壁纹饰和花粉大小上存在一定差异, 但是, 白魔芋花粉与西盟魔芋花粉在花粉大小、形状、外壁纹饰及条脊宽度与距离上相似, 珠芽魔芋与疣柄魔芋在这些指标上也存在相同之处, 所以依据不同种魔芋花粉外部形态特征的差异, 综合运用形态学、孢粉学、细胞生物学、地质学等, 可为魔芋品种的分类鉴定提供重要参考及科学依据.

3.2 魔芋属植物的演化

关于花粉大小的演化顺序, 目前公认比较原始的是被子植物花粉体积都是比较大的, 花粉是由大到小进化^[16]. 然而刘庚峰等^[17]在对宽皮桔子花粉形态的研究结果显示, 花粉是由小到大进化的. 在所研究的 17 份魔芋属植物中, 缅甸珠芽 A 花粉最大, 为 $94.27 \mu\text{m}$, 西双版纳黄魔芋花粉最小, 为 $48.06 \mu\text{m}$, 而珠芽魔芋既有三倍体也有二倍体^[18], 西盟魔芋是二倍体, 庄东红等^[19]的研究报道花粉粒的大小与染色体基数和倍性呈显著正相关的关系, 所以就花粉大小的演化的关系, 有待进一步佐证. J. W. Walker^[20]指出, 被子植物花粉萌发孔类型的进化: 远极槽、远极三歧槽、环槽、远极单孔、近极孔、近极槽—近极单孔、无萌发孔、双槽—双孔、散孔、沟和孔. 本试验所观察的 17 份魔芋花粉均无萌发孔或萌发沟, 所以从萌发孔的角度看, 魔芋属植物是属于较原始类群. 从花粉外壁纹饰看, 白魔芋类和西盟魔芋类花粉壁上均是条纹状纹饰, 而珠芽类和疣柄类花粉外壁有光滑也有粗糙的, J. W. Walker 认为被子植物纹饰演化的趋势是: 表面光滑表面具小穴、小沟状雕纹表→面棒状、鼓锤状、刺状→表面皱波状、网状、条纹状, 白魔芋和西盟魔芋花粉外壁存在条纹状纹饰, 疣柄魔芋和珠芽魔芋花粉外壁存在光滑或粗糙的情况, 而花粉形状的演化趋势是: 舟形→纵长形(单沟)→球形→扁球形(具沟)→球→圆球形→长球形, 魔芋属植物花粉中白魔芋和西盟魔芋多为长球形, 疣柄魔芋和珠芽魔芋花粉形状有长球形, 也有近球形, 可见, 从花粉外壁纹饰及花粉形状的演化趋势看, 西盟魔芋和白魔芋是较进化种.

参考文献:

- [1] 刘佩瑛, 张盛林. 中国的魔芋产业 [J]. 山区开发, 2002(12): 37—38.
- [2] 李 恒. 天南星科的生态地理和起源 [J]. 云南植物研究, 1986, 8(4): 363—381.
- [3] 李 恒. 喜马拉雅——横断山脉是天南星属的分布中心和分化中心——兼论天南星属的起源和扩散 [J]. 云南植物研究, 1980, 2(4): 402—416.
- [4] 刘佩瑛. 魔芋学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [5] 刘佩瑛, 陈劲枫. 魔芋属一新种 [J]. 西南农学院学报, 1984, 6(1): 68—69.
- [6] 张风洁, 刘海利, 张 洁, 等. 珠芽魔芋资源研究进展 [J]. 南方农业, 2013, 7(8): 64—67.
- [7] 孟凡冰, 蒋 勇, 熊家艳, 等. 疣柄魔芋淀粉理化及功能性质研究 [J]. 中国粮油学报, 2016, 31(4): 41—46.
- [8] 邵邻相, 范晓萍. 几种芸香科植物花粉形态观察 [J]. 果树学报, 2003, 20(2): 146—148.
- [9] ERDTMAN G. 孢粉学手册 [M]. 中国科学院植物研究所古植物室孢粉组 译, 北京: 科学出版社, 1978: 238—242.
- [10] RAYMOND VAN DER HAM, GIJS GROB, WILBERT HETTERSCHIED, et al. Notes on the Genus *Amorphophallus* (Araceae)-13. Evolution of Pollen Ornamentation and Ultrastructure in *Amorphophallus* and *Pseudodracontium* [J]. Grana, 2005, 44(4): 252—265.
- [11] PUNEKAR S A, KUMARAN K P N. Pollen Morphology and Pollination Ecology of *Amorphophallus*, Species from North Western Ghats and Konkan Region of India [J]. Flora Morphology Distribution Functional Ecology of Plants, 2010, 205(5): 326—336.
- [12] WANG L P, HENG L. Report of Pollen Morphology of Araceae [J]. 云南植物研究, 1998, 20(Suppl 5): 41—42.
- [13] 蒋学宽. 魔芋新品种 DUS 测试指南制定研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [14] 芦建国, 熊 钢. 蜡梅品种花粉粒扫描电镜特征的分类研究 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(4): 145—148.
- [15] 武海霞, 刘丽婷, 廖柏勇, 等. 20 种桉树及杂交种的花粉形态分析及分类学意义 [J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(3): 29—36.
- [16] WODEHOUSE R P. Pollen Grains. Their Structure, Identification and Significance in Science and Medicine [J]. Journal

of the American Medical Association, 1935, 106(86): 1118.

- [17] 刘庚峰, 李文斌. 宽皮桔类野生种花粉形态的研究 [J]. 园艺学报, 1992, 19(3): 203—208.
- [18] 李 阔, 张风洁, 刘海利, 等. 珠芽魔芋的核型分析研究 [C] //中国园艺学会. 中国魔芋产业发展研讨会论文集. 绵阳, 2014.
- [19] 庄东红, 宋娟娟. 木槿属植物染色体倍性与花粉粒、叶片气孔器性状的关系 [J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(1): 49—52.
- [20] WALKER J W. 原始被子植物花粉外壁进化的意义 [C] //中国科学院植物研究所古植物研究室孢粉组译. 孢粉学译丛(第一集). 北京: 科学出版社, 1980: 91—134.

Studies on Pollen Morphology of *Amorphophallus* Blume

DENG Hui-jun, LIU Hai-li, ZHANG Sheng-lin

School of Horticulture & Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: SEM (Scanning Electron Microscopy) was used to observe the morphology of 17 pollen specimens of 4 *Amorphophallus* species, and then morphological analysis and cluster analysis were made. The pollen specimens examined were all shown to be sporopollen (50~100 μm), and no germinal aperture or furrow appeared on the pollen wall. The shape of the pollen was subprolate or subglobose, and it was round or oblate in the polar view. The exine ornamentation of *A. albus* and *A. krausei* was stripe in shape without any perforation on it. The exine of the *A. bulbifer* and *A. paeoniifolius* was smooth or rough. Pseudocolpi appeared on the exine of *A. burmanicus* A. The results of cluster analysis showed that *A. paeoniifolius* A, *A. paeoniifolius* B and *A. burmanicus* seed were classified into the same group, *A. burmanicus* B and 2010-052 were grouped together, *A. burmanicus* was a separate group, and the others were in another group. The results of cluster analysis were consistent with the differences of pollen external form. Distinct interspecific differences were detected in *Amorphophallus* Blume in pollen shape and size, fine features on the ornamentation, and thickness of the ridge, which provided an important reference to the classification, identification and the phylogeny of this genus.

Key words: *Amorphophallus* Blume; pollen morphology; SEM; cluster analysis; classification

责任编辑 欧 宾

