

基于花粉形态数量分类的核果类系统关系研究

刘有春^{1,2}, 刘威生¹, 刘宁¹, 郁香荷¹, 章秋平¹, 刘硕²,
张玉萍¹, 孙猛¹, 徐铭¹

(¹辽宁省果树科学研究所, 营口 115009; ²沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161)

摘要:运用扫描电子显微镜(SEM)观察了李属、杏属、樱桃属和桃属的花粉形态, 观察结果表明:核果类果树的花粉均为近扁球形, 等极, 辐射对称, 极面观为三角形或钝三角形, 赤道面观均为椭圆形, 花粉粒大小在各属间差异明显。核果类果树花粉属 $N_3P_4C_5$ 类型, 3条孔沟沿极轴方向在赤道面上等间距环状分布, 内孔位于沟的中央, 完全独立于外壁, 孔盖覆不规则的拟网状或脑纹状纹饰。供试核果类果树花粉的表面纹饰由平行条纹或不规则条脊及散落于条脊间的穿孔组成, 各属间条脊的排列方式、宽窄、脊注深浅及穿孔有无等性状上存在明显差异。根据花粉大小、表面纹饰及覆盖层穿孔等的一般演化规律, 推测核果类果树由低到高的演化顺序为李属→杏属→樱桃属→桃属, 并在聚类分析的基础上对属间亲缘关系进行了探讨, 旨在为核果类系统关系的研究提供花粉证据。

关键词:核果类果树; 花粉形态; 聚类分析; 系统关系

Systematic Relationships of Stone Fruit Trees Based on Pollen Morphology and Numerical Taxonomy

LIU You-chun^{1,2}, LIU Wei-sheng¹, LIU Ning¹, YU Xiang-he¹, ZHANG Qiu-ping¹,
LIU Shuo², ZHANG Yu-ping¹, SUN Meng¹, XU Ming¹

(¹Liaoning Institute of Pomology, Yingkou 115009; ²College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

Abstract: The pollen morphology of 4 genus of stone fruit trees, including *Prunus* L., *Ameniaca* Mill., *Cerasus* Mill. and *Amygdalus* L. was examined by scanning electron microscope (SEM). The results showed that all pollen grains of stone fruit trees tested were sub-oblate, isopolar, radially symmetrical, blunt-triangular or triangular in polar views and elliptical in equatorial views. Significant differences were observed in pollen grain sizes of the genus tested. Pollens belong to $N_3P_4C_5$ type, the colpi were distributed in equal distances along with polar axis; endo-apertures were completely isolated from the sexine and on middle of colpus; endo-aperture operculums were often covered with irregular reticulate-like or cerebroid sculpture. The ornamentation was characterized by small perforations and parallel or irregular ridges, the arrange of ridge, the depth and width of ridge and the presence or absence of perforation were distinctly different among the tested genus. The speculated evolutionary trend of 4 genus of stone fruit trees according to the general rules of pollen size, exine ornamentation and perforation, the possible evolutionary sequence of stone fruit trees was as follow: *Prunus* L. → *Ameniaca* Mill. → *Cerasus* Mill. → *Amygdalus* L., and the relationship between intergeneric was discussed based on the cluster analysis. This study was intended for providing pollen evidences on systematic relationship of stone fruit trees.

Key words: Stone fruit trees; Pollen morphology; Cluster analysis; Systematic relationship

常见的核果类果树包括桃属 (*Amygdalus* L.)、(*Cerasus* Mill.) 4 类, 在植物学分类上均隶属于蔷薇李属 (*Prunus* L.)、杏属 (*Ameniaca* Mill.) 和樱桃属科 (*Rosaceae*) 李亚科 (*Prunoideae*)^[1], 这些果树的一

收稿日期: 2010-01-11 修回日期: 2010-03-29

基金项目: 作物种质资源保护项目 (NB08-2130135-03); 国家科技基础条件平台重点项目 (2005DK21002-19)

作者简介: 刘有春, 在读硕士, 主要从事果树种质资源研究。E-mail: liuyouchun911@126.com

通讯作者: 刘威生, 博士, 研究员, 主要从事李杏种质资源研究。E-mail: weishengliu@yahoo.com.cn

些早熟或特早熟品种在调剂果品市场、保证水果的周年供应等方面发挥了重要作用。

对于核果类果树的分类迄今仍有争议。俞德浚^[1]在《中国果树分类学》中将核果类果树划分为5个属,即桃属、杏属、李属、樱桃属和稠李属,认为杏、梅为杏属植物,国内许多学者支持该分类方法^[2-4]。国外学者及国内部分学者多数将李属、杏属、樱桃属和桃属作为蔷薇科李属(*Genus prunus*)下的亚属^[5-7]或将上述各属作为李属(*Genus prunus*)李亚属(*Subgenus Prunophora* Focke.)下面的组(Section)来对待^[8-10]。总之,国内外学者对核果类果树分类地位的确立未达成一致意见,有待进一步研究讨论。

应用扫描电镜观察花粉形态是探讨植物分类、起源及亲缘关系的有效方法^[11-14],其中前处理方法是关键步骤。孢粉学研究在20世纪70年代初普遍采用自然干燥花粉为试材,但该方法常导致花粉失水变形、萌发器官内缩严重^[15],不能准确反映花粉的固有信息。随着试验技术的逐步改进,在戊二醛固定的基础上,采用临界干燥法对花粉样品进行前处理,使花粉在固液共存的临界状态下进行干燥,避免了因表面张力的存在使样品发生形变,因而能最大程度地保持花粉的原有形态和表面纹饰,纹饰清晰能反映花粉的真实性状,可以克服上述缺点。

迄今已对桃^[14,16-17]、杏^[18-20]、李^[21]及主要核果类果树^[3]进行了孢粉研究,但大多采用自然干燥的花粉为试材或以属内的种、品种为研究对象,未见核果类各类型果树上应用戊二醛固定-临界点干燥法进行花粉前处理,进而观察花粉形态的报道。本文应用该法在扫描电子显微镜下对桃、李、杏、樱桃的花粉进行观察,以比较各属花粉的表面纹饰及形态特征;分析、探讨核果类果树的亲缘关系和演化途径,进一步为更好地理解孢粉资料在系统关系研究的重大贡献提供证据。

1 材料与方法

1.1 材料

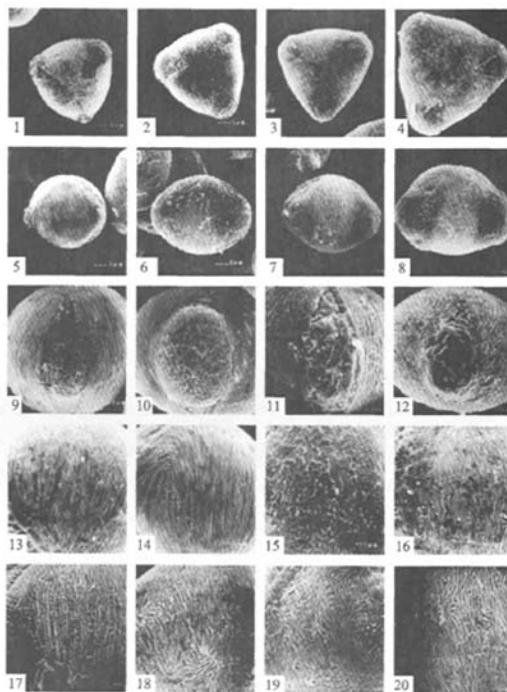
供试材料来自辽宁省果树科学研究所国家果树种质熊岳李杏圃,包括按俞德浚^[1]分类的李属(*Prunus* L.)、杏属(*Ameniaca* Mill.)、樱桃属(*Cerasus* Mill.)和桃属(*Amygdalus* L.)共计16份材料(表1)。试验于2009年4-10月在沈阳农业大学仪器测试中心电镜实验室进行,凭证样本现存于熊岳李杏资源圃实验室。

1.2 试验方法

1.2.1 电镜观察

采集大蕾期即将开放的花朵剥

取新鲜花药,固定于3%的戊二醛固定液中,用0.1mol/L的磷酸缓冲液漂洗3次后经30%、50%、70%、80%、90%、100%的乙醇和醋酸异戊脂梯度脱洗,用液化CO₂在HCP22型(日立公司,日本)临界点干燥仪中进行样品干燥。在显微镜下刺破花药壁释放花粉,轻弹于粘有双面胶的样品托上,经IB-5离子溅射仪(EIKO公司)喷金处理(喷镀电流:7~8mA,喷镀时间:300s),在S-450扫描电镜(SEM)(日立公司,日本)下观测、记录。选择有代表性的视野分300×(群体)、2000×(极面观、赤道面、萌发孔面)、4000×(萌发孔孔膜)和5000×(外壁纹饰,即赤道面中央区)进行拍摄(图版1),照片通过扫描在电脑中观察,用Calipers 73 pixels进行数量指标测量,每项指标测量数据不少



图版1 核果类果树花粉形态

Plate1 Pollen morphology of stonefruit tree

1~4:极面观(2000×),5~8:赤道面观(2000×),9~12:萌发沟(4000×),13~20:表面纹饰(5000×)。其中版图1,5,9,13,14为李属花粉形态图;2,6,10,15,16为杏属花粉形态图;3,7,11,17,18为樱桃属花粉形态图;4,8,12,19,20为桃属花粉形态图;版图1~8比例尺为5μm,9~20为1μm

1~4:Polar view (2000×);5~8:Equatorial view(2000×);9~12:Aperture view.(4000×);13~20:Exine ornamentation (5000×). Among them,1,5,9,13,14 were the pollen morphology plates of *Prunus* L.;2,6,10,15,16 were the pollen morphology plates of *Ameniaca* Mill.;3,7,11,17,18 were the pollen morphology plates of *Cerasus* Mill.;4,8,12,19,20 were the pollen morphology plates of *Amygdalus* L. Scale bars = 5μm for 1~8; Scale bars = 1μm for 9~20

表 1 供试材料花粉形态一览表
Table 1 Morphological characters of pollen grains of tested materials

编号	品种 名称	花粉大小 Pollen size			萌发沟 Aperture		条脊 Ridge			穿孔 Perforation		
		极轴长 (μm)	赤道长 (μm)	极赤比	长 (μm)	宽 (μm)	宽 (μm)	脊距 (μm)	密度 ($\text{No.}/\mu\text{m}^2$)	类型	直径 (μm)	密度 ($\text{No.}/\mu\text{m}^2$)
NO.	Varieties	Polar axis length	Equatorial axis length	P/E ratio	Length	Width	Width	Distance	Density	Type	Diameter	Density
李属 <i>Prunus</i> L.												
1	安哥诺	23.03	26.90	0.86	21.21	5.53	0.23	0.07	0.56	LP	*	*
2	奥扎克克首相	23.94	29.34	0.82	25.73	6.74	0.22	0.08	0.49	LP	*	*
3	月光	22.98	29.17	0.79	22.19	5.94	0.19	0.07	0.61	CR	*	*
4	嘉庆子	25.61	30.20	0.85	23.13	6.63	0.22	0.10	0.44	LP	*	*
5	紫玉	25.36	30.26	0.84	26.46	7.50	0.20	0.08	0.43	LP	*	*
6	美丽	24.54	29.86	0.82	26.46	4.25	0.24	0.08	0.44	LP	*	*
杏属 <i>Ameniaca</i> Mill.												
7	骆驼黄	27.94	34.59	0.81	28.94	13.40	0.21	0.07	0.72	LP	0.09	0.68
8	华县接杏	29.09	36.75	0.79	37.08	11.46	0.21	0.07	0.73	LP	*	*
9	克孜克西米西	28.47	35.41	0.8	25.28	10.80	0.22	0.07	0.68	LP	0.08	1.08
10	串枝红	30.76	38.28	0.8	29.24	11.46	0.23	0.05	0.50	LP	*	*
11	红花山杏	27.64	34.51	0.81	28.94	13.50	0.20	0.06	0.64	LP	0.1	1.04
櫻桃属 <i>Cerasus</i> Mill.												
12	加拿大甜櫻桃 1#	25.95	34.68	0.75	31.67	9.95	0.24	0.08	0.63	LP	*	*
13	加拿大甜櫻桃 2#	27.46	35.01	0.78	29.17	9.58	0.24	0.10	0.58	CR	0.09	0.72
14	加拿大甜櫻桃 3#	28.21	35.65	0.79	30.31	9.56	0.27	0.09	0.71	CR	0.11	0.81
15	加拿大甜櫻桃 4#	29.91	38.39	0.78	29.27	10.83	0.33	0.07	0.40	LP	*	*
桃属 <i>Amygdalus</i> L.												
16	碧桃	31.90	41.83	0.76	32.92	10.26	0.33	0.12	0.37	IS	0.1	1.36
17	紫叶碧桃	36.79	45.50	0.81	26.67	10.31	0.26	0.16	0.48	IS	0.12	2.02
18	垂枝碧桃	33.89	44.00	0.77	32.29	12.76	0.30	0.13	0.42	IS	0.1	1.28

LP:纵向平行;CR:弯曲,状如箕形指纹;IS:走向不规则,螺旋状;* :无穿孔
LP: Lengthways parallel;CR:Curved,like finger mark;IS:Irregular and spiraling. * : There was no perforation

于 30 个,其中定量指标 8 个,即极轴长(P)、赤道长(E)、萌发沟长、萌发沟宽、条脊宽、条脊距、孔径、孔频,计算 P/E 值;定性指标 6 个,即赤道观、极面观、花粉形状、外壁纹饰类型、萌发孔孔膜纹饰类型和条脊特征。

1.2.2 数据分析 数值性状直接取其数值,无序多态性状则采用分解法进行编码^[22],将标准化的数据经 SPSS12.0 软件采用欧氏距离和平均连锁法(average linkage)进行聚类分析。描述术语参照《花粉词汇表和孢子术语》^[23]和《孢粉学手册》^[24]。

2 结果与分析

2.1 花粉的大小和形状

供试杏花粉均为单粒花粉、等极、辐射对称,极面观为三角形或钝三角形,其中李属花粉基本为钝三角形(图版 I-1),表现为三边略成弧形。杏属、櫻桃属和桃属极面观均为三角形(图版 I-2~4),核果类果树花粉的赤道观均为椭圆形(图版 I-4~8)。花

粉大小属间存在明显差异,其中李属花粉粒最小,极轴长平均值为 24.24 μm ,赤道长平均值为 29.29 μm ;桃属花粉粒最大,极轴长平均值为 34.19 μm ,赤道长平均值为 43.78 μm ;杏属和櫻桃属差异不明显,极轴长平均值分别为 28.78 μm 和 27.88 μm ,赤道长平均值分别为 35.91 μm 和 35.93 μm ,花粉大小介于李属和桃属之间(表 1)。

供试核果类果树的极赤比为 0.77~0.86,按照 Erdtman^[24]提出 P/E 比值确定花粉形状分类的方法,花粉形状为近扁球形。

2.2 花粉的萌发器官

供试核果类花粉具 3 条萌发沟,沿极轴方向等间距环状分布,赤道中部沟较宽,两端渐尖,萌发孔位于沟的中央,由外沟和内孔重叠成一个盖状结构,称为孔盖,通常独立于外壁(图版 I-9~12),纵长,椭圆形,覆不规则的拟网状或脑纹状纹饰,属 N₃P₄C₅类型的花粉,即 3 孔沟环状萌发孔。李属和杏属花粉的孔盖具不规则拟网状纹饰(图版 I-9,10),而

櫻桃属和桃属花粉具脑纹状(图版 I-11,12)的孔盖结构。

2.3 花粉表面纹饰

供试核果类果树花粉的外壁纹饰均由条脊组成,但在各属间条脊的排列方式、宽窄、脊洼深浅及有无穿孔等性状上存在明显差异,形成各属的特异纹饰。其中,李属花粉的外壁纹饰较简单,由平行排列的条纹组成,脊洼较浅,且无穿孔分布(图版 I-13,14);杏属花粉的外壁纹饰虽同是平行条纹,但其表面覆翹皮状覆盖物,且部分试材的条脊间散生少量穿孔(图版 I-15,16);櫻桃属花粉的条脊平行,或弯曲如箕形指纹,部分品种条脊间有少量穿孔,脊洼深(图版 I-17,18);桃属花粉表面复杂,条脊走向杂乱无序,弯曲呈螺旋状,并有大量穿孔散生于条脊间,为复合纹饰(图版 I-19,20)。

3 讨论

3.1 核果类果树的演化

Walker^[25]认为外壁纹饰可作为衡量被子植物进化程度的参考指标之一,植物的进化反映在花粉粒由小到大的演化过程中;外壁纹饰由规则向不规则、简单向复杂进化,且条脊及条脊距较宽为进化的特征^[26];王业遯等^[3]认为条脊相互交织是复杂纹饰,是进化的表现;张秀英等^[17]对同为蔷薇科的桃的花粉进行扫描电镜观察后发现条脊由平滑向脊洼深进化。

综合前人关于花粉进化规律的观点分析,供试李属的花粉体积最小,外壁纹饰简单,平行排列的条脊呈条纹状,脊洼较浅,均无穿孔分布(图版 I-13,14),故认为是原始类型;供试桃属花粉粒体积大,表面纹饰复杂,由螺旋状并相互交织的不规则宽条脊及大量穿孔组成,条脊延伸方向混杂无序(图版 I-19,20),为最进化类型;供试杏属和櫻桃属花粉粒的平均体积差异不明显(图版 I-2,3),均稍大于李属,前者具平行条纹状纹饰,且条纹表面覆有翹皮状覆盖物,部分品种的条脊间散生少量穿孔(图版 I-15,16),后者的表面纹饰与前者差异较大,其条脊呈指纹状弯曲或平行的宽条纹,脊洼深,部分品种条脊间低密度的穿孔分布(图版 I-17,18),综合判断櫻桃属是较杏属更进化的类型。所以,基于孢粉资料核果类果树的进化由低到高为:李属→杏属→櫻桃属→桃属,这与王业遯等^[3]的结果有相同之处,即从孢粉学的角度证实了在核果类果树中李属为原始类型,而桃属则是核果类发展的最进化阶段,

这与魏文娜等^[27]、唐前瑞等^[28]的观点一致,所不同的是王业遯等^[3]认为櫻桃属的进化先于杏属,这还有待进一步研究。

关于内孔孔膜(盖)纹饰与物种进化的潜在关系未见报道。在本试验在扫描电镜观察中发现,核果类果树明显外凸的内孔孔膜具有与外壁纹饰完全不同的纹饰,其中供试李属和杏属的孔膜纹饰为不规则拟网状(图版 I-10,11),櫻桃属和桃属的孔膜具脑纹状纹饰(图版 I-11,12),根据学术界普遍认同的关于核果类果树进化中李属处于原始阶段,而桃属最进化的观点,则孔膜具脑纹状纹饰的花粉较具不规则拟网状纹饰更进化,这同时也进一步为本文上述核果类果树进化程度的推断提供了依据。

3.2 核果类果树的亲缘关系

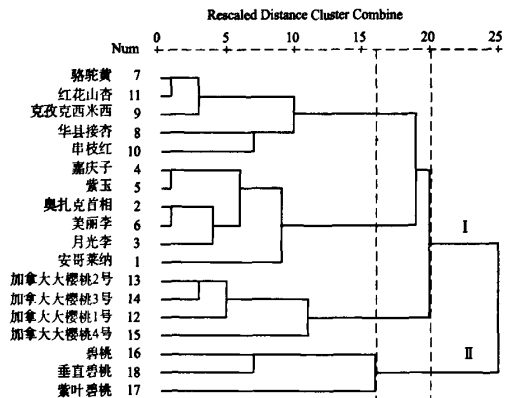


图1 核果类果树聚类分析图

Fig. 1 The dendrogram of cluster analysis for 17 types stone fruit based on pollen data

基于供试核果类果树花粉8个数量性状和6个质量性状的聚类分析图(图1)可知,在欧式距离为20的水平上,桃属构成一单系分支,即分支II,原因是其花粉体积较大,外壁纹饰独特,由螺旋状条脊和高密度穿孔组成(图版 I-19,20),明显区别于李属、杏属和櫻桃属;另外在分支II的次级分支中,“碧桃”和“垂枝碧桃”的亲缘关系相对较近,二者的花极似,均为深粉色重瓣花(采样时田间观察)可提供佐证;李属与杏属优先聚类,与櫻桃属构成姊妹群,共同形成一单系群,即分支I,说明它们亲缘关系近,可能起源于同一类植物,而李属与杏属的亲缘关系较櫻桃属更近,这与刘艳玲等^[7]根据ITS序列得出的结论有相同之处,也有不同点,相同点在于都证明了李属与杏属有较近的亲缘关系,不同之处体现在本研究聚类分析中李属与杏属和櫻桃属形成单系

群,三者亲缘关系近,与桃属相对较远,而刘艳玲等^[7]认为李属、杏属和桃属之间的亲缘关系近,形成一聚类组,而樱桃属单独聚类。这可能的原因是本试验所选樱桃属、桃属试材存在局限性,有待在扩大试材范围的基础上进一步分析研究。

另外,在探讨核果类果树亲缘关系上 RAPD 分子标记技术应用较广。如沈向等^[29]的 RAPD 标记结果认为李和杏的亲缘关系较近,并推测核果类的进化是由共同的原始材料沿李和杏两个方向进化,具有不同的发育过程,中国樱桃和桃是由李分化形的两个分支,张俊卫等^[30]应用该技术对梅、桃、李、杏、樱桃共计 17 个样品的系统发育进行了研究,认为梅与李、杏亲缘关系近,且李、杏在梅的系统发育过程中处于基本等同的地位;与之不同的是,高志红等^[31]RAPD 标记结果表明,梅和杏的亲缘关系最近,桃次之,李最远。可见学者们对于核果类果树亲缘关系的观点大同小异,在个别问题上的不同观点有待经其他手段进一步研究、讨论。

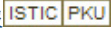
如图 1 所示,在欧氏距离为 17 的水平上,供试核果类果树聚成 4 个分支,分别是杏属、李属、樱桃属和桃属,各属间并无其他属试材的涉及,加之各分支试材的花粉形态在诸多性状上很相似,并能从花粉形态上找到核果类果树由低到高逐步进化的依据,所以,本试验从孢粉学上支持将核果类果树归为一属,即李属(*Prunus* L.),下设李亚属、杏亚属、樱桃亚属和桃亚属的分类观点。

参考文献

- [1] 俞德浚. 核果类果树分类学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1984: 108-109
- [2] 汪祖华, 陆振翔, 郭洪. 李、杏、梅亲缘关系及分类地位的同工酶研究[J]. 园艺学报, 1991, 18(2): 97-101
- [3] 王业遵, 凌志奋, 吴邦良. 核果类主要果树花粉形态的鉴定观察[J]. 园艺学报, 1992, 19(1): 29-33
- [4] 程中平. 利用分子标记对桃、李、杏、梅、樱桃类植物系统发育的分析[J]. 中国南方果树, 2003, 32(3): 45-50
- [5] Bortiric E, Oh S H, Gao F Y, et al. The phylogenetic utility of nucleotide sequences of sorbitol 6-phosphate dehydrogenase in *Prunus* (Rosaceae) [J]. American Journal of Botany, 2002, 89: 1697-1708
- [6] Lee S, Wen J. A phylogenetic analysis of *Prunus* and the *Amygdaloideae* (Rosaceae) using ITS sequences of nuclear ribosomal DNA [J]. American Journal of Botany, 2001, 88: 150-160
- [7] 刘艳玲, 徐立铭, 程中平. 基于 ITS 序列探讨核果类果树桃、李、杏、梅、樱的系统发育关系[J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 23-28
- [8] Rehder A. Manual of cultivated trees and shrubs [M]. New York, 1967
- [9] Zhebentayeva T N, Reighard G L, Gorina V M, et al. Simple sequence repeat (SSR) analysis for assessment of genetic variability in apricot germplasm [J]. Theor Appl Genet, 2003, 106: 435-444
- [10] Hormaza J I. Molecular characterization and similarity relationships among apricot (*Prunus armeniaca* L.) genotypes using simple sequence repeats [J]. Theor Appl Genet, 2002, 104: 321-328
- [11] Schols P, Furness C A, Wilkin P, et al. Huymans S. Pollen morphology of *Dioscorea* (Dioscoreaceae) and its relation to systematics [J]. Botanical Journal of Linnean Society, 2003, 143: 375-390
- [12] Cail M, Zhou H, Wang H. Pollen morphology of the genus *Lasianthus* (Rubiaceae) and related taxa from Asia [J]. Journal of Systematics and Evolution, 2008, 46: 62-72
- [13] 李秀根, 杨健. 花粉形态数量分析在中国梨属植物起源、演化和分类中的应用[J]. 果树学报, 2002, 19(3): 145-148
- [14] 过国南, 王力荣, 阎振立, 等. 利用花粉形态分析法研究桃种质资源的进化关系[J]. 果树学报, 2006, 23(5): 664-669
- [15] 陈学森, 郭延奎, 罗新书. 扫描电镜不同制样方法对几种落叶果树花粉形态的研究[J]. 果树科学, 1992, 9(4): 198-202
- [16] 汪祖华, 周建涛. 桃种质的亲缘演化关系研究——花粉形态分析[J]. 园艺学报, 1990, 17(3): 161-168
- [17] 张秀英, 王雁, 王桂萍. 桃花种质资源花粉形态的观察与比较[J]. 北京林业大学学报, 1997, 2(9): 57-62
- [18] 王玉柱, 潘季淑, 孟新法. 临界点干燥对杏花花粉形态的影响[J]. 华北农学报, 1996, 11(2): 91-95
- [19] 王玉柱, 潘季淑, 孟新法. 杏种质孢粉学的研究[J]. 华北农学报, 1998, 13(4): 130-135
- [20] 罗新书, 陈学森, 郭延奎, 等. 杏品种孢粉学研究[J]. 园艺学报, 1992, 19(4): 19-325
- [21] 富强, 李怀玉. 几个李品种花粉扫描电镜观察[J]. 沈阳农业大学学报, 1992, 23(4): 320-322
- [22] 徐克学. 数量分类学[M]. 北京: 科学出版社, 1994
- [23] Punt W, Hoen P P, Blankmore S, et al. Glossary of pollen and spores terminology [J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 2007, 143: 1-81
- [24] 艾尔特曼. 孢粉学手册[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 23-24
- [25] Walker J W. Evolutionary significance of the exine in the pollen of primitive anghiosperms [J]. Linnean Society Symposium Series, 1976, 8: 251-308
- [26] Walker J W. Evolution of exine structure in the pollen of primitive angiosperms [J]. American Journal Boanyt, 1974, 61: 891-902
- [27] 魏文娜, 唐前瑞, 杨国顺. 桃李梅杏四种核果类植物亲缘关系的研究——形态关系的研究[J]. 湖南农业大学学报, 1996, 22(2): 125-130
- [28] 唐前瑞, 魏文娜. 桃、李、梅、杏四种核果类植物亲缘关系的研究Ⅲ. 同工酶谱比较[J]. 湖南农业大学学报, 1996, 22(4): 337-340
- [29] 沈向, 郭卫东, 吴小林, 等. 用 RAPD 再探核果类果树间亲缘关系[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(4): 19-22
- [30] 张俊卫, 包满珠, 陈龙清. 梅、桃、李、杏、樱的 RAPD 分析[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(2): 12-15
- [31] 高志红, 章镇, 盛炳程, 等. 桃李梅杏四种主要核果类果树 RAPD 指纹图谱初探[J]. 果树学报, 2001, 18(2): 120-123

作者: 刘有春, 刘威生, 刘宁, 郁香荷, 章秋平, 刘硕, 张玉萍, 孙猛, 徐铭, LIU You-chun, LIU Wei-sheng, LIU Ning, YU Xiang-he, ZHANG Qiu-ping, LIU Shuo, ZHANG Yu-ping, SUN Meng, XU Ming

作者单位: 刘有春, LIU You-chun(辽宁省果树科学研究所, 营口115009; 沈阳农业大学园艺学院, 沈阳110161), 刘威生, 刘宁, 郁香荷, 章秋平, 张玉萍, 孙猛, 徐铭, LIU Wei-sheng, LIU Ning, YU Xiang-he, ZHANG Qiu-ping, ZHANG Yu-ping, SUN Meng, XU Ming(辽宁省果树科学研究所, 营口, 115009), 刘硕, LIU Shuo(沈阳农业大学园艺学院, 沈阳, 110161)

刊名: 植物遗传资源学报 

英文刊名: JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES

年, 卷(期): 2010, 11(5)

参考文献(31条)

1. Zhebentayeva T N;Reighard G L;Gorina V M Simple sequence repeat(SSR)analysis for assessment of genetic variability in apricot germplasm 2003
2. Rehder A Manual of cultivated trees and shrubs 1967
3. 王玉柱;潘季淑;孟新法 临界点干燥对杏花粉形态的影响 1996(02)
4. 俞德浚 核果类果树分类学 1984
5. 刘艳玲;徐立铭;程中平 基于ITS序列探讨核果类果树桃、李、杏、梅、樱的系统发育关系[期刊论文]-园艺学报 2007(01)
6. Lee S;Wen J A phylogenetic analysis of Prunus and the Amygduloideae(Rosaceae)using ITS sequences of nuclear ribosomal DNA 2001
7. Bortirie E;Oh S H;Gao F Y The phylogenetic utility of nueleotide sequences of sorbitol6-phosphate dehydrogenase in Prunus(Rosaceae) 2002
8. 程中平 利用分子标记对桃、李、杏、梅、樱类植物系统发育的分析[期刊论文]-中国南方果树 2003(03)
9. 王业遵;凌志奋;吴邦良 核果类主要果树花粉形态的鉴定观察 1992(01)
10. 汪祖华;陆振翔;郭洪 李、杏、梅亲缘关系及分类地位的同工酶研究 1991(02)
11. 高志红;章镇;盛炳程 桃梅李杏四种主要核果类果树RAPD指纹图谱初探[期刊论文]-果树学报 2001(02)
12. 张俊卫;包满珠;陈龙清 梅、桃、李、杏、樱的RAPD分析 1998(02)
13. 沈向;郭卫东;吴小林 用RAPD再探核果类果树间亲缘关系[期刊论文]-西北农业大学学报 1999(04)
14. 唐前瑞;魏文娜 桃、李、梅、杏四种核果类植物亲缘关系的研究III. 同工酶酶谱比较 1996(04)
15. 魏文娜;唐前瑞;杨国顺 桃李梅杏四种核果类植物亲缘关系的研究一形态关系的研究 1996(02)
16. Walker J W Evolution of exine structure in the pollen of primitive angiosperms 1974
17. Walker J W Evolutionary significance of the exine in the pollen of primitive anhosperms 1976
18. 艾尔特曼 孢粉学手册 1987
19. Punt W;Hoen P P;Blankmore S Glossary of pollen and spores terminology[外文期刊] 2007(03)
20. 徐克学 数量分类学 1994
21. 富强;李怀玉 几个李品种花粉扫描电镜观察 1992(04)
22. 罗新书;陈学森;郭延奎 杏品种孢粉学研究 1992(04)
23. 王玉柱;潘季淑;孟新法 杏种质孢粉学的研究 1998(04)
24. 张秀英;王雁;王桂萍 桃花种质资源花粉形态的观察与比较 1997(09)

25. [汪祖华;周建涛](#) [桃种质的亲缘演化关系研究--花粉形态分析](#) 1990(03)
26. [陈学森;郭延奎;罗新书](#) [扫描电镜不同制样方法对几种落叶果树花粉形态的研究](#) 1992(04)
27. [过国南;王力荣;阎振立](#) [利用花粉形态分析法研究桃种质资源的进化关系](#)[期刊论文]-[果树学报](#) 2006(05)
28. [李秀根;杨健](#) [花粉形态数量分析在中国梨属植物起源、演化和分类中的应用](#)[期刊论文]-[果树学报](#) 2002(03)
29. [Cail M;Zhou H;Wang H](#) [Pollen morphology of the genus Lasianthus\(Rubiaceae\)and related taxa from Asia](#) 2008
30. [Schols P;Furness C A;Wilkin P;Huymans S](#) [Pollen morphology of Dioscorea\(Dioseoreaceae\)and its relation to systemstics](#)[外文期刊] 2003
31. [Hormaza J I](#) [Molecular characterization and similarity relationships among apricot\(Prunus armeniaca L.\)genotypes using simple sequence repeats](#) 2002

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201005024.aspx