

葛 彤, 齐开杰, 谢智华, 等. 不同梨品种花粉量与活力差异的研究[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(6): 142–149.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.06.020

不同梨品种花粉量与活力差异的研究

葛 彤^{1,2}, 齐开杰^{1,2}, 谢智华^{1,2}, 岳 冬^{1,2}, 王亚茹^{1,2}, 王 鹏^{1,2}, 毛海艳³, 张 岩⁴, 张绍铃^{1,2}, 吴巨友^{1,2}

(1. 南京农业大学三亚研究院, 海南三亚 572025; 2. 南京农业大学园艺学院/作物遗传与种质创新利用全国重点实验室, 江苏南京 210095;

3. 江苏省睢宁县农业农村局, 江苏睢宁 221200; 4. 江苏省睢宁县农业技术推广中心, 江苏睢宁 221200)

摘要:以 105 个梨品种为试验材料, 调查单花花药量和单花药花粉量, 对散粉效果较好的 77 个品种进行花粉活力检测。结果表明, 不同梨品种花粉量及花粉活力存在差异, 花粉数量性状变异系数大, 花粉变异程度高。其中, 单花花药量变幅为 13~36 粒, 单花药花粉量变幅为 0~15 440 粒, 除花粉萌发率为 0% 的品种外, 其余品种花粉萌发率变幅为 1.76%~82.74%, 花粉管长度变幅为 102.49~400.29 μm 。经系统聚类分析, 供试品种被分为六大类群, 其中第 I、第 II 类群的 15 个品种花粉量多、花粉萌发率高且花粉管生长速率较快。经正态性检验发现, 单花花药量、单花药花粉量和花粉萌发率符合正态分布规律, 将符合正态分布的花粉数量性状用 4 个分点分为 5 级, 明确了每级花粉数量性状的频率分布。初步筛选出 15 个花粉育性较好的品种以及 9 个花粉败育品种, 为梨园授粉树配置和种质创新提供参考。

关键词:梨; 花药量; 花粉量; 花粉活力; 聚类分析; 花粉败育

中图分类号:S661.203 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)06-0142-08

梨是蔷薇科(Rosaceae)梨属(*Pyrus*)植物, 我国是梨的起源中心, 栽培历史悠久、种植范围广泛, 具有丰富的梨种质资源^[1]。花粉是研究植物遗传、育种、生殖和进化的重要材料, 明确不同品种的花粉育性和授粉特性是开展高效栽培和良种繁育工作的基础^[2-3]。梨作为典型的配子体自交不亲和果树, 多数品种自花授粉不能结实, 为保证果园丰产稳产, 花期通常采用配置授粉树或人工辅助授粉等方法来提高花粉授粉效果^[4]。不同梨品种之间亲缘关系复杂, 花粉育性和交配亲和性差异显著, 部分品种存在雄性不育现象^[5-6]。有研究显示, 梨的花粉萌发率和花粉量呈现出越靠近梨属植物起源地越高的趋势^[7]。因此, 探究不同梨品种花粉量和花粉育性, 对充分利用梨特异种质、合理配置授粉树以及杂交育种具有重要研究意义。目前, 关于梨花粉量和花粉萌发率差异的研究已有较多报道, 但主要集中在花粉萌发水平和授粉特性上, 而有关花粉育性分类和数量性状分级的报道较少^[8-10]。因

此, 本研究通过调查不同梨品种的花粉量与花粉活力, 对其花粉数量性状进行概率分级, 同时结合系统聚类分析, 明确各品种花粉育性, 筛选出花粉败育品种, 以为生产实践中授粉品种的选用和种质创新提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及取样

试验于 2022 年 2 月底至 4 月初进行, 105 个梨品种的花蕾材料采自南京农业大学梨种质资源圃和江苏省睢宁县示范基地。每个品种随机采集处于大蕾期的铃铛状大花蕾约 100 朵, 剥下花药, 取 50 粒饱满、未开裂的花药用于单个花药花粉量测定, 其余花药用硫酸纸包好后置于硅胶中阴干, 待花粉全部散出后, 加干燥剂, 保存于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中备用。

1.2 单花花药量与单花药花粉量检测

随机采集各品种处于大蕾期的铃铛状大花蕾约 100 朵, 揉开花蕾, 记录不同品种单朵花蕾的花药数量并计算每个品种单花花药量的平均值, 统计花药量后及时剥下花药, 随机取 50 粒形状饱满、尚未开裂的花药放入 2 mL 离心管中^[10], 将离心管放入 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中干燥, 待花粉完全散出后加入 2 mL 浓度为 200 g/L 的六偏磷酸钠溶液, 在漩涡振荡器上振荡成悬浮液。分别取 400 μL 悬浮液和 1 600 μL

收稿日期: 2023-05-24

基金项目: 国家重点研发计划(编号: 2022YFD1200503); 国家现代农业产业体系建设专项(编号: CARS-28)。

作者简介: 葛 彤(1998—), 女, 江苏徐州人, 硕士研究生, 从事梨园花果管理研究。E-mail: 1413230543@qq.com。

通信作者: 吴巨友, 博士, 教授, 博士生导师, 从事梨种质资源创新、成花受精机理与产业应用研究。E-mail: juyouwu@njau.edu.cn。

六偏磷酸钠溶液置于新的 2 mL 离心管中,摇匀,吸取 5 μL 混合后的溶液滴在载玻片上,在 Olympus IX 73 显微镜下随机选取 3 个视野拍照,统计单花药花粉量(粒)。

单花药花粉量(花粉量/花药) = 每个载玻片上总花粉数 \times 40。

1.3 花粉萌发率与花粉管长度检测

将花粉从 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中取出,在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下放置 2 h,再移至室温下放置 2 h,使花粉逐渐解冻。刮取适量花粉置于 2 mL 离心管中,加入 400 μL 液体培养基[其配方为 10% 蔗糖 + 0.01% 硼酸 + 0.03% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ + 30 mmol/L 2-吗啉乙磺酸(MES),pH 值为 6.2],混匀后放入 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、120 r/min 的摇床中培养 3 h,统计花粉萌发率和花粉管长度。每个处理观察 3 个视野,以花粉管长度大于花粉粒直径视为萌发,随机选取 50 根花粉管拍照,并使用 Image J 软件测量花粉管长度。

花粉萌发率 = 已萌发芽粉数/花粉总数 \times 100%。

1.4 花药横切面石蜡切片观察

将适量花药放入 50% 甲醛 - 乙酸 - 乙醇(FAA)固定液中固定后,送至武汉赛维尔生物科技有限公司制作石蜡切片。将切片放置在倒置显微镜下观察药室内花粉数量。

1.5 数据分析

数据采用 Excel 和 IBM SPSS Statistics 24 软件进行分析,分别统计平均值、标准差等。利用

Kolmogorov - Smirnov 检验法对花粉数量性状进行正态分布检验。将符合正态分布的数量性状划分为 5 个等级,4 个分点依次为 $x - 1.2818s$ 、 $x - 0.5246s$ 、 $x + 0.5246s$ 和 $x + 1.2818s$,1 ~ 5 级分布的概率依次为 10%、20%、40%、20%、10%,其中: x 为各性状的平均值, s 为各性状的标准差^[11]。利用 GraphPad Prism 8.0.2 软件对单花药花粉量、花粉萌发率及花粉管长度进行变异系数统计与相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同梨品种花粉量及花粉活力调查

调查结果(表 1)显示,单花花药量变幅为 13 ~ 36 粒,平均花药量为 23 粒;单花药花粉量变幅为 0 ~ 15 440 粒,大多品种单花药花粉量分布在 907 ~ 8 627 粒范围内,占供试品种总数的 72.38%。其中,龙香、绿安久和六棱梨花粉量极少,夏露、夏清和黄金梨等 11 个品种没有检测到花粉。

花粉萌发率和花粉管生长速率可反映花粉活力,本试验中花粉管长度为花粉培养 3 h 后的生长量,可用花粉管长度反映花粉管的生长速率。对 77 个散粉效果好的梨品种进行花粉萌发率和花粉管长度检测,结果表明,除建始早古、水洞瓜和海棠酥这 3 个品种的花粉萌发率为 0 外,其余品种花粉萌发率变幅为 1.76% ~ 82.74%,花粉管长度变幅为 102.49 ~ 400.29 μm 。其中,28 个供试品种花粉萌发率在 50% 以上,占供试品种总数的 36.36%。

表 1 供试梨品种花粉量、花粉萌发率和花粉管长度

序号	品种	单花花药量 (粒)	单花药花粉量 (粒)	花粉萌发率 (%)	花粉管长度 (μm)	类型
C1	德荣 1 号	21 \pm 1	5 667 \pm 816	46.32 \pm 1.65	236.98 \pm 72.27	种间杂交
C2	贡川梨	24 \pm 1	8 360 \pm 973	21.58 \pm 4.16	149.43 \pm 58.77	白梨
C3	梗头青	25 \pm 1	7 760 \pm 485	54.31 \pm 6.81	313.60 \pm 85.28	砂梨
C4	朵朵花	24 \pm 3	6 080 \pm 541	18.81 \pm 3.26	158.03 \pm 71.01	砂梨
C5	长泰台湾梨	22 \pm 2	10 493 \pm 244	72.56 \pm 4.59	271.05 \pm 71.45	其他
C6	云霄平和梨	21 \pm 2	6 600 \pm 3 396	23.67 \pm 3.09	195.52 \pm 84.41	其他
C7	连城八月白	19 \pm 2	3 507 \pm 830	30.11 \pm 10.21	229.57 \pm 63.30	其他
C8	永定七月甜	19 \pm 1	2 400 \pm 346	26.84 \pm 4.71	153.57 \pm 58.21	砂梨
C9	连城夸瓜梨	29 \pm 6	4 827 \pm 1 301	43.87 \pm 7.03	206.06 \pm 56.07	其他
C10	连城石头梨	20 \pm 2	13 240 \pm 2 314	37.28 \pm 3.09	205.40 \pm 65.49	其他
C11	武平黄花梨	22 \pm 2	2 467 \pm 378	13.71 \pm 2.54	178.45 \pm 69.34	种间杂交
C12	苏翠 1 号	20 \pm 2	8 333 \pm 151	62.27 \pm 3.95	294.82 \pm 102.52	砂梨
C13	派克娜姆斯	17 \pm 3	6 840 \pm 1 126	45.25 \pm 3.64	167.88 \pm 34.74	西洋梨
C14	凯斯凯特	23 \pm 2	3 747 \pm 684	18.57 \pm 4.40	164.85 \pm 62.54	西洋梨
C15	莱克拉克	17 \pm 0	4 440 \pm 779	31.73 \pm 4.05	209.43 \pm 48.88	西洋梨

表 1(续)

序号	品种	单花花药量 (粒)	单花药花粉量 (粒)	花粉萌发率 (%)	花粉管长度 (μm)	类型
C16	色尔克甫	22 ± 6	5 227 ± 335	35.87 ± 2.32	216.24 ± 63.02	新疆梨
C17	佳娜	22 ± 2	7 933 ± 960	70.25 ± 2.92	252.10 ± 53.95	西洋梨
C18	费莱茵	25 ± 2	5 653 ± 455	54.00 ± 10.49	151.51 ± 36.43	西洋梨
C19	托斯卡	19 ± 1	8 000 ± 961	38.84 ± 3.01	209.90 ± 59.80	西洋梨
C20	夏半伏梨	22 ± 3	10 347 ± 477	37.63 ± 2.65	208.41 ± 56.14	白梨
C21	长清小白梨	18 ± 2	7 320 ± 866	60.73 ± 10.66	189.33 ± 64.67	白梨
C22	金水秋	27 ± 3	3 040 ± 454	8.59 ± 4.55	102.49 ± 34.13	砂梨
C23	寿新水	28 ± 2	7 947 ± 854	36.48 ± 5.31	301.19 ± 89.10	砂梨
C24	晚秀	15 ± 4	6 667 ± 816	54.46 ± 4.08	224.52 ± 56.67	砂梨
C25	苏翠 2 号	24 ± 3	7 440 ± 1 395	26.59 ± 2.57	232.66 ± 48.06	砂梨
C26	国长	22 ± 4	6 160 ± 461	51.16 ± 6.37	304.05 ± 90.08	砂梨
C27	龙都大鸭梨	29 ± 1	15 440 ± 2 170	43.71 ± 1.10	302.21 ± 90.80	白梨
C28	阳信大鸭梨	28 ± 1	11 867 ± 3 556	70.60 ± 4.20	278.71 ± 71.90	白梨
C29	泊头大鸭梨	21 ± 1	12 053 ± 2 584	31.62 ± 2.04	260.55 ± 77.90	白梨
C30	新鸭梨	20 ± 1	11 067 ± 1 223	59.03 ± 6.56	246.65 ± 55.56	白梨
C31	金坠	21 ± 1	9 573 ± 416	56.13 ± 2.83	298.70 ± 77.70	白梨
C32	龙泉 19	24 ± 0	7 827 ± 2 460	51.02 ± 7.05	240.65 ± 89.07	种间杂交
C33	金花 4 号	23 ± 2	8 107 ± 948	14.02 ± 3.60	260.99 ± 96.48	白梨
C34	金花 1 号	22 ± 2	11 360 ± 2 204	22.77 ± 0.72	231.45 ± 65.56	白梨
C35	满丰	24 ± 2	6 147 ± 450	22.94 ± 3.03	265.46 ± 93.78	砂梨
C36	中梨 1 号	24 ± 2	5 973 ± 1 127	38.25 ± 2.36	160.45 ± 61.81	白梨
C37	中梨 2 号	29 ± 2	7 413 ± 1 234	75.75 ± 5.82	306.56 ± 80.30	白梨
C38	新香梨	22 ± 7	3 013 ± 424	23.70 ± 5.56	180.29 ± 64.90	砂梨
C39	若光	29 ± 2	6 760 ± 212	38.96 ± 11.50	248.78 ± 76.29	砂梨
C40	金梨	31 ± 2	6 293 ± 340	81.98 ± 5.11	226.92 ± 59.29	白梨
C41	金水酥	22 ± 2	9 760 ± 2 267	30.38 ± 3.93	132.21 ± 35.28	砂梨
C42	汉源白梨	21 ± 3	10 613 ± 340	57.34 ± 8.31	326.39 ± 113.93	白梨
C43	谢花甜荏梨	22 ± 2	4 493 ± 442	25.62 ± 6.96	223.12 ± 62.04	白梨
C44	大洋木梨(莆田)	15 ± 3	13 640 ± 2 163	82.74 ± 4.34	258.00 ± 65.82	砂梨
C45	临洮麻软儿	19 ± 3	1 333 ± 380	4.27 ± 1.46	127.90 ± 30.25	秋子梨
C46	菊水	23 ± 6	4 547 ± 311	22.31 ± 0.48	302.21 ± 90.80	砂梨
C47	金钟梨	29 ± 3	7 933 ± 1 195	57.90 ± 5.80	297.36 ± 80.43	白梨
C48	武山白化心	20 ± 2	1 413 ± 303	2.46 ± 0.73	147.43 ± 29.85	秋子梨
C49	王冠	31 ± 1	4 560 ± 538	1.76 ± 0.81	154.42 ± 56.84	砂梨
C50	临夏黄梨	25 ± 1	4 440 ± 1 211	34.06 ± 5.15	238.55 ± 83.58	其他
C51	甘谷甜梨	20 ± 2	2 480 ± 644	6.16 ± 0.48	125.92 ± 63.62	白梨
C52	湘南	24 ± 2	8 147 ± 1 031	16.10 ± 0.33	222.02 ± 80.40	砂梨
C53	青云	20 ± 3	6 627 ± 395	16.25 ± 1.04	208.03 ± 75.79	砂梨
C54	金川雪梨	25 ± 1	5 627 ± 1 200	47.22 ± 2.09	286.50 ± 93.89	白梨
C55	伏香梨	25 ± 1	907 ± 340	19.63 ± 1.94	213.32 ± 82.26	秋子梨
C56	苍溪六月雪	23 ± 4	10 360 ± 1 263	56.44 ± 1.50	199.72 ± 71.22	砂梨
C57	郑州鹅梨	31 ± 1	4 227 ± 930	36.82 ± 2.51	227.63 ± 71.62	砂梨
C58	莘博香	25 ± 3	3 107 ± 340	72.92 ± 11.42	335.26 ± 88.82	种间杂交
C59	老道梨	26 ± 3	3 773 ± 497	16.51 ± 5.57	232.03 ± 86.69	秋子梨
C60	辽阳大香水	31 ± 2	9 160 ± 2 874	53.32 ± 2.85	209.27 ± 55.82	秋子梨

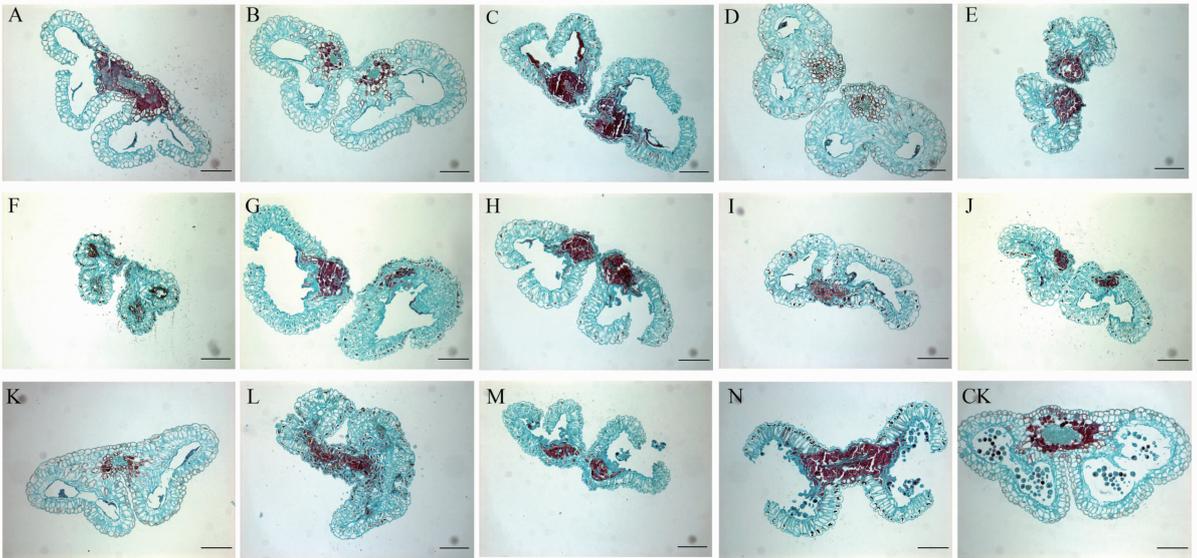
表 1(续)

序号	品种	单花花药量 (粒)	单花药花粉量 (粒)	花粉萌发率 (%)	花粉管长度 (μm)	类型
C61	王香	30 ± 5	4 533 ± 514	77.77 ± 6.26	400.29 ± 101.93	其他
C62	大头梨	19 ± 2	6 573 ± 834	32.94 ± 2.47	206.88 ± 58.72	西洋梨
C63	横县浸泡梨	23 ± 4	7 600 ± 733	15.51 ± 2.49	215.10 ± 64.01	砂梨
C64	玉冠	21 ± 2	9 027 ± 2 714	60.32 ± 5.53	230.13 ± 61.67	砂梨
C65	野生沙梨	20 ± 3	3 027 ± 849	46.74 ± 0.89	116.35 ± 33.77	砂梨
C66	红早酥	25 ± 2	4 987 ± 910	72.63 ± 3.62	280.34 ± 78.02	西洋梨
C67	宁早蜜	23 ± 3	6 027 ± 1 387	68.15 ± 1.40	256.95 ± 51.45	砂梨
C68	幸水	24 ± 2	7 053 ± 2 797	69.18 ± 1.72	274.16 ± 71.67	砂梨
C69	丰水	27 ± 6	2 333 ± 403	61.12 ± 7.95	280.41 ± 68.52	砂梨
C70	奥萨二十世纪	26 ± 2	5 987 ± 1 155	39.61 ± 0.80	192.06 ± 46.25	砂梨
C71	翠冠	19 ± 3	5 760 ± 730	70.60 ± 4.41	277.85 ± 57.66	砂梨
C72	翠玉	26 ± 2	2 987 ± 266	36.87 ± 6.38	240.65 ± 64.31	砂梨
C73	宁酥蜜	23 ± 3	2 293 ± 996	12.26 ± 4.03	182.92 ± 48.27	砂梨
C74	黄花	25 ± 1	8 280 ± 1 202	80.02 ± 1.48	264.15 ± 51.48	种间杂交
C75	建始早谷	27 ± 2	5 693 ± 405	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	砂梨
C76	水洞瓜	19 ± 1	7 853 ± 960	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	白梨
C77	海棠酥	28 ± 1	6 480 ± 1 452	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	白梨
C78	鸭蛋青	24 ± 1	3 587 ± 220	—	—	其他
C79	意大利 7 号	36 ± 3	3 560 ± 1 058	—	—	西洋梨
C80	早红考密斯	21 ± 2	1 973 ± 281	—	—	西洋梨
C81	红皮	20 ± 0	3 747 ± 684	—	—	砂梨
C82	甘谷冬果梨	22 ± 1	4 107 ± 864	—	—	白梨
C83	沙伊东黑酸梨	22 ± 2	3 440 ± 360	—	—	新疆梨
C84	临洮白软儿梨	19 ± 1	5 600 ± 1 914	—	—	秋子梨
C85	鲁南小黄梨	13 ± 2	3 160 ± 541	—	—	砂梨
C86	苍梧大砂梨	30 ± 4	3 133 ± 1 056	—	—	砂梨
C87	六棱梨	20 ± 1	227 ± 115	—	—	白梨
C88	秋黄	27 ± 1	5 627 ± 1 986	—	—	砂梨
C89	秋月	26 ± 1	2 707 ± 345	—	—	砂梨
C90	赤花	23 ± 1	8 627 ± 2 010	—	—	砂梨
C91	玉绿	20 ± 3	4 840 ± 803	—	—	其他
C92	华玉	23 ± 2	6 613 ± 1 022	—	—	其他
C93	绿安久	19 ± 1	120 ± 40	—	—	西洋梨
C94	龙香	23 ± 1	67 ± 61	—	—	秋子梨
C95	夏露	27 ± 2	—	—	—	砂梨
C96	黄金梨	22 ± 2	—	—	—	砂梨
C97	新高芽变	23 ± 5	—	—	—	砂梨
C98	八里香	24 ± 2	—	—	—	秋子梨
C99	绵梨	18 ± 2	—	—	—	新疆梨
C100	酒泉长把	26 ± 3	—	—	—	新疆梨
C101	云南黄酸梨	22 ± 2	—	—	—	砂梨
C102	宁霞	25 ± 2	—	—	—	砂梨
C103	夏清	21 ± 4	—	—	—	砂梨
C104	天皇	21 ± 1	—	—	—	砂梨
C105	新梨 7 号	26 ± 1	—	—	—	种间杂交

2.2 花药横切面观察

在花粉量检测过程中发现,有14个品种花粉量极少或无花粉,为验证调查结果,对其花药横切面进行切片观察(图1)。梨花药由4个花粉囊和药隔组成,正常成熟花药横切面一般呈蝶形,花粉均匀布满药室。以花粉量较多的阳信大鸭梨为对照(CK),其药室内均匀布满花粉粒;而夏露(图1-A)、黄金(图1-B)、新高芽变(图1-C)、八里香(图1-D)、云南黄酸梨(图1-G)、宁霞(图

1-H)、夏清(图1-I)、天皇(图1-J)和新梨7号(图2-K)这9个品种的药室内无花粉,花药呈空囊状,石蜡切片与花粉量检测结果基本一致,判断为花粉败育品种。绵梨(图1-E)和酒泉长把(图1-F)花药较小,呈皱缩状态,发育不完全;绿安久(图1-L)花药皱缩未开裂;龙香(图1-M)和六棱梨(图1-N)花药开裂,但药室内花粉含量少,花粉量异常机理有待进一步研究。



A—夏露; B—黄金; C—新高芽变; D—八里香; E—绵梨; F—酒泉长把; G—云南黄酸梨; H—宁霞; I—夏清; J—天皇; K—新梨7号; L—绿安久; M—龙香; N—六棱梨; CK—阳信大鸭梨; 标尺=500 μm

图1 不同梨品种花药横切面观察

2.3 花粉量、花粉萌发率及花粉管生长速率聚类分析

以花粉量、花粉萌发率及花粉管长度为变量,对花粉可萌发的品种进行系统聚类分析,74个梨品种被分为6个类群(表2)。第I类群包括花粉量大、萌发率高且花粉管生长速率快的3个品种,分别为连城石头梨、龙都大鸭梨和大洋木梨(莆田),其平均花粉量为14 107粒,平均萌发率为54.58%,平均花粉管长度255.20 μm。第II类群包括12个品种,其花粉量较大,花粉萌发率较高,花粉管生长速率较快。第III类群包括15个品种,为花粉量较高,花粉萌发率和花粉管长度处于中等水平的品种。第IV类群包括18个花粉量和花粉萌发率中等,但花粉管长度较短的品种。第V类群包括10个品种,为花粉量较少、花粉萌发率较低,但花粉管生长速率较快的品种。第VI类群包括16个品种,其花粉量、萌发率和花粉管生长速率均表现较差。综合比较

之下,第I、第II类群品种的花粉育性最好,第III、第VI类群品种的花粉育性中等,第V、第IV类群品种的花粉育性最差。

2.4 花粉数量性状的正常性检验及频率分布

经Kolmogorov-Smirnov检验,除花粉管长度的 P 值为0.023,不符合正态分布规律外,单花花药量、单花药花粉量及花粉萌发率的 P 值均大于0.1,符合正态分布规律。将符合正态分布规律的3个数量性状依据分级标准(表3)划分为5个等级,4个分点依次为 $x-1.2818s$ 、 $x-0.5246s$ 、 $x+0.5246s$ 和 $x+1.2818s$,其分布频次如图2所示。根据分点值确定取值范围并计算分布频率,通过变异系数将数据多样性进行量化。

单花花药量的变幅为13~36粒,平均单花花药量为23粒,变异系数为16.81%。单花花药量概率分级的频率分布:1级(<18粒)占4.8%,2级(18~21粒)占20.0%,3级(>21~25粒)占41.9%,

表2 不同梨品种花粉量、花粉萌发率及花粉管长度聚类结果

类群	品种序号	品种数 (个)	花粉量(粒)		花粉萌发率(%)		花粉管长度(μm)	
			平均值 \pm 标准差	变幅	平均值 \pm 标准差	变幅	平均值 \pm 标准差	变幅
I	C10、C27、C44	3	14 107 \pm 1 172	13 240 ~ 15 440	54.58 \pm 24.60	37.28 ~ 82.74	255.20 \pm 48.47	205.40 ~ 302.21
II	C5、C20、C28、C29、 C30、C31、C34、C41、 C42、C56、C60、C64	12	10 473 \pm 989	9 027 ~ 12 053	50.68 \pm 16.17	22.77 ~ 72.56	241.10 \pm 51.50	132.21 ~ 326.39
III	C2、C3、C12、C17、 C19、C21、C23、C25、 C32、C33、C37、C47、 C52、C63、C74	15	7 929 \pm 295	7 413 ~ 8 360	45.42 \pm 22.84	14.02 ~ 80.02	249.99 \pm 47.98	149.43 ~ 313.60
IV	C1、C4、C6、C13、C18、 C24、C26、C35、C36、 C39、C40、C53、C54、 C62、C67、C68、C70、 C71	18	6 299 \pm 416	5 667 ~ 7 053	45.54 \pm 18.89	16.25 ~ 81.98	224.59 \pm 47.59	151.51 ~ 304.05
V	C9、C15、C16、C43、 C46、C49、C50、C57、 C61、C66	10	4 628 \pm 298	4 227 ~ 5 227	38.24 \pm 22.58	1.76 ~ 77.77	245.83 \pm 67.71	154.42 ~ 400.29
VI	C7、C8、C11、C14、 C22、C38、C45、C48、 C51、C55、C58、C59、 C65、C69、C72、C73	16	2 614 \pm 840	907 ~ 3 773	25.03 \pm 20.40	12.26 ~ 72.92	188.21 \pm 63.64	102.49 ~ 335.26

表3 概率分级标准

分值点	单花花药量 (粒)	单花药花粉量 (粒)	花粉萌发率 (%)
1	18	932	10.40
2	21	3 578	27.70
3	25	7 244	51.68
4	28	9 890	68.98

4级(>25~28粒)占19.0%,5级(>28粒)占14.3%。

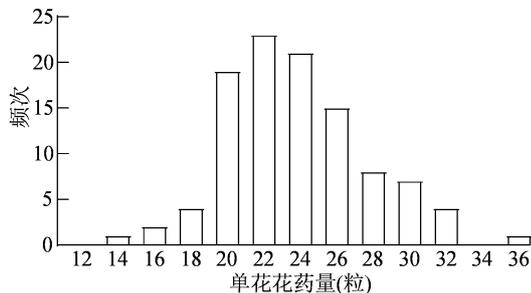
单花花药花粉量的变幅为0~15 440粒,平均花粉量为5 411粒,变异系数为64.58%。单花花药花粉量概率分级的频率分布:1级(<932粒)占14.29%,2级(932~3 578粒)占19.05%,3级(>3 578~7 244粒)占36.19%,4级(>7 244~9 890粒)占20%,5级(>9 890粒)占10.48%。

花粉萌发率的变幅为0~82.74%,平均花粉萌发率为39.69%,变异系数为57.58%。花粉萌发率概率分级的频率分布:1级(<10.40%)占10.38%,2级(10.40%~27.70%)占24.68%,3级(>27.70%~51.68%)占31.29%,4级(>51.68%~68.98%)占18.18%,5级(>68.98%)占15.58%。

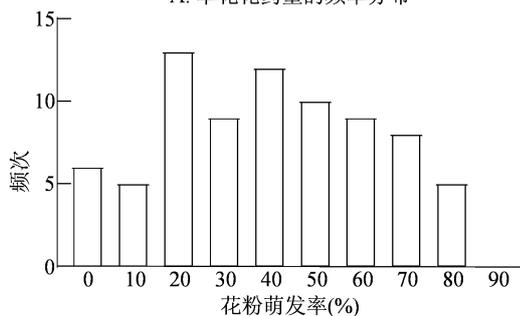
2.5 花粉性状相关性分析

结合皮尔逊相关系数及散点图对单花花药花粉量、花粉萌发率及花粉管长度进行相关性分析。结果(图3)表明,单花花药花粉量与花粉萌发率、花粉管长度之间均呈弱相关性,相关系数分别为0.360和0.252;花粉萌发率与花粉管长度之间呈显著正相

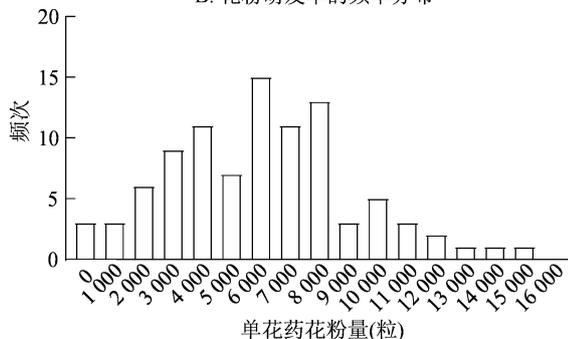
关,皮尔逊相关系数为0.662。



A. 单花花药量的频率分布



B. 花粉萌发率的频率分布



C. 单花花药花粉量的频率分布

图2 花粉数量性状的分布频次

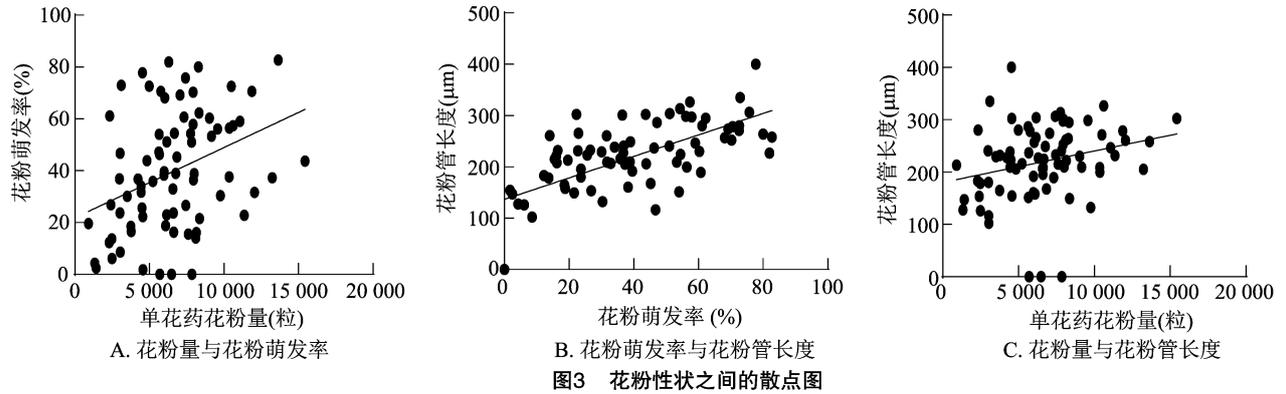


图3 花粉性状之间的散点图

3 讨论

3.1 不同梨品种花粉量及花粉活力的差异

花粉质量是保证授粉效果的关键,直接影响果实的产量和品质,花粉量主要取决于品种本身的遗传特性、树体营养水平及生存环境^[12]。在对枣、桃、葡萄和苹果等果树的花粉研究中发现,不同果树或同一果树的不同品种间花粉量及花粉活力存在差异^[13-17]。在本研究中,不同梨品种花粉量、花粉萌发率及花粉管生长速率差异明显,与其他果树花粉研究结果类似。花粉活力不仅与花粉自身遗传特性有关,而且受外界环境如温度、相对湿度、贮藏介质、辐射、光照、空气质量等多重因素影响^[18-19]。因此,在本研究中导致建始早谷、水洞瓜和海棠酥花粉萌发率为0的因素较多,花粉未萌发的具体原因有待进一步探究。通过对梨花粉数量性状特征进行概率分级,明确每级花粉数量性状的频率分布,更加客观统一地描述、评价梨花粉性状,也证实花粉数量性状具有变异系数大、变异程度高、多样性丰富的特点^[11]。单花花药量、单花药花粉量和花粉萌发率符合正态分布规律,而花粉管长度不符合正态分布规律,与李芳芳等研究中“花粉量与花粉萌发率均不符合正态分布规律”的结论^[10]有所不同。

3.2 花粉量大且活力强的品种筛选

多数梨品种自花不结实或自花结实率低、低温阴雨天气和品种花期不遇等问题均可影响花粉正常发育,需配置授粉树或人工辅助授粉,以保证丰产稳产^[4]。依据花粉特性对品种进行分类的结果,可为杂交亲本的选择和授粉树的配置提供参考。本研究通过聚类分析,将供试梨品种划分为育性不同的六大类群,筛选出白梨系统中的夏半伏梨、阳信大鸭梨、龙都大鸭梨、泊头大鸭梨、新鸭梨、金坠、

金花1号、汉源白梨,砂梨系统中的金水酥、苍溪六月雪、大洋木梨(莆田)、玉冠,秋子梨系统中的辽阳大香水以及地方品种长泰台湾梨、连城石头梨等15个花粉量大、花粉萌发率高且花粉管生长速率快的品种。花粉质量是保证授粉效果的关键,选择花粉量大、花粉活力强的品种用于授粉,能够有效解决生产中授粉不良、产量不高等问题。由于多数梨品种自花授粉不结实,品种间是否亲和、花期是否相近成为梨园配置授粉树时必须考虑的因素,另外,种间远缘关系也会造成无法相互授粉或受精率很低。因此,授粉前应进行S基因型比较,依据亲缘关系,选择与主栽品种亲和并且花期相近的品种作为授粉树,以保证较好的授粉质量。

3.3 雄性不育品种的验证

植物雄性不育现象主要表现为雄蕊发育异常、不能产生有正常功能的花粉,但雌蕊可正常发育并能接受花粉而受精结实^[20]。雄性不育现象广泛存在于自然界开花植物中,桃、杏、葡萄、柑橘等许多果树具有不育品种^[21-24]。部分梨品种也存在雄性不育现象,并推断为细胞质雄性不育,主要是由绒毡层发育异常或多重因素共同影响而导致花粉败育,且败育时期集中在单核小孢子晚期。先前有报道指出,黄金、八里香、夏露、夏清、天皇和新梨7号花粉败育^[5,25-27],与本研究结果一致。此外,本研究还发现,新高芽变、云南黄酸梨和宁霞存在花粉败育现象,而绵梨、酒泉长把、绿安久、龙香和六棱梨花粉量极少或无花粉,花粉是否败育还有待验证。绵梨、酒泉长把和绿安久可能由于花器官发育不完全、花药较小才未检测出花粉;通过花药横截面显微观察,发现龙香和六棱梨的花药已经开裂,但散粉少,导致无法进一步检测其花粉萌发率。因此,这些品种不能完全确定是否花粉败育。雄性不

育品种是种质创新的重要材料,在育种过程中可有效简化育种程序、提高育种效率,具有较高的利用价值。目前,关于梨树雄性不育的报道主要集中在细胞学和生理机制层面,在分子生物学方面研究较少,未来应深入探究梨树雄性不育机制,为合理利用梨种质资源提供参考。

4 结论

本研究结果表明,不同梨品种花粉量与花粉活力差异明显,花粉数量性状变异系数大,花粉变异程度高,具有丰富的遗传多样性。筛选出连城石头梨、龙都大鸭梨和大洋木梨(莆田)等 15 个单花药花粉量大且花粉活力较好的品种,以及新高芽变和云南黄酸梨等 9 个存在花粉败育现象的品种,为梨园授粉树配置和种质创新提供参考。

参考文献:

- [1] 滕元文. 梨属植物系统发育及东方梨品种起源研究进展[J]. 果树学报,2017,34(3):370-378.
- [2] 高露璐,王淑安,王磊,等. 79 个铁线莲品种花粉育性分析[J]. 分子植物育种,2019,17(10):3442-3449.
- [3] Maita S, Minchala N, Orellana R. Assessment of *in vitro* pollen germination and pollen tube growth of *Annona cherimola* Mill[J]. International Journal of Fruit Science,2022,22(1):57-63.
- [4] 何敏,谷超,吴巨友,等. 果树自交不亲和和机制研究进展[J]. 园艺学报,2021,48(4):759-777.
- [5] 刘晶,杨巍,徐铭,等. 部分梨花粉育性和特性的研究[J]. 北方果树,2012(1):8-10.
- [6] 王文然,樊秀彩,王晨,等. 果树雄性不育的研究进展[J]. 分子植物育种,2019,17(1):245-254.
- [7] 范净,陈启亮,杨晓平,等. 砂梨种质资源花粉量及花粉萌发率的遗传多样性分析[J]. 华中农业大学学报,2016,35(4):20-24.
- [8] 姜雪婷,杜玉虎,张绍铃,等. 梨 43 个品种花粉生活力及 4 种测定方法的比较[J]. 果树学报,2006,23(2):178-181.
- [9] 赵纪伟,李莉,彭建营,等. 梨不同品种花粉生活力测定及授粉特性研究[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(1):152-156,162.
- [10] 李芳芳,张绍铃,张虎平,等. 不同梨品种花粉量及花粉萌发率差异研究[J]. 南京农业大学学报,2013,36(5):27-32.
- [11] 尹明宇,朱绪春,刘慧敏,等. 西伯利亚杏种质资源花表型变异[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2018,46(2):92-103.
- [12] 杨晓平,胡红菊,田瑞,等. 23 个砂梨栽培品种的花粉量与花粉生活力测定[J]. 长江大学学报(自然科学版),2012,9(1):8-10,34,4.
- [13] 丁蒙蒙,林敏娟,王振磊. 不同枣品种花粉萌发及花粉管生长特性的研究[J]. 塔里木大学学报,2016,28(3):20-24.
- [14] 吴硕,魏薇,贾彦丽,等. 76 个枣品种花粉特性的研究[J]. 河北果树,2021(1):7-9.
- [15] 叶正文,杜纪红,苏明申,等. 桃 92 个品种的花粉量及其萌发特性的差异[J]. 园艺学报,2010,37(4):525-531.
- [16] 辛董董,朱自果,候行行,等. 不同葡萄品种花粉生活力、花粉量及柱头可授性的测定[J]. 江苏农业科学,2019,47(4):113-116.
- [17] 王燕,赵鑫鑫,张志晓,等. 六个苹果品种花粉生活力研究[J]. 北方园艺,2016(13):17-21.
- [18] Prasad P V V, Boote K J, Allen L H Jr. Longevity and temperature response of pollen as affected by elevated growth temperature and carbon dioxide in peanut and grain sorghum[J]. Environmental and Experimental Botany,2011,70(1):51-57.
- [19] Brunet J, Ziobro R, Osatic J, et al. The effects of time, temperature and plant variety on pollen viability and its implications for gene flow risk[J]. Plant Biology,2019,21(4):715-722.
- [20] 刘淑娟,朱祺,幸学俊,等. 植物雄性不育影响因素研究进展[J]. 中国农学通报,2014,30(34):46-50.
- [21] 蔡亚明. 桃重瓣及雄性不育性状形成的机理研究[D]. 武汉:中国科学院大学(中国科学院武汉植物园),2021.
- [22] 徐豪. 山杏雄性不育相关基因挖掘及生物信息学分析[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020:54-56.
- [23] 崔梦杰,王晨,张文颖,等. 无核葡萄研究进展[J]. 植物生理学报,2017,53(3):317-330.
- [24] Wang R, Fang Y N, Wu X M, et al. The miR399 - *CsUBC24* module regulates reproductive development and male fertility in citrus[J]. Plant Physiology,2020,183(4):1681-1695.
- [25] 胡静静,赵静,沈向. 黄金梨雄性不育的细胞学研究[J]. 中国农学通报,2010,26(2):185-188.
- [26] 袁德义,谭晓风,张琳,等. 新高系梨雄性不育的鉴定[J]. 园艺学报,2007,34(2):289-294.
- [27] 谢智华,齐开杰,吴俊,等. 早熟砂梨新品种‘夏清’[J]. 园艺学报,2019,46(12):2455-2456.