

无籽蜜柚花果的生物学特征观察

张 丹^{1,2}, 李新国^{1,3}, 罗丽华¹, 安烁宇³

(1. 海南大学 热带农林学院, 海南 海口 570228; 2. 重庆邮电大学 移通学院, 重庆 401520;

3. 海南省澄迈县蜜柚研究所, 海南 澄迈 571945)

摘要: 对引种于海南的5年生无籽蜜柚 *Citrus grandis* 花与果的生物学特征进行了观测。结果表明, 无籽蜜柚的完全花由花托、花萼、花柄、花瓣、雌蕊、雄蕊、蜜盘构成, 花瓣4~6枚, 长30~35 mm, 雄蕊数目为28~35枚, 花药黄色, 花丝白色, 长13~14 mm, 雌蕊长19~22 mm, 蜜盘直径为6~8 mm; 无籽蜜柚的花粉呈近圆形, 具4条萌发沟, 花粉粒大小为 $18.37\ \mu\text{m} \times 25.13\ \mu\text{m}$ (极轴长度 \times 赤道轴长度), 花粉粒外壁属于网纹纹饰, 网孔大小不一; 无籽蜜柚果实呈单S生长曲线变化, 整个生长发育时间约170 d, 果实成熟时, 可溶性固形物含量13.3%, 可滴定酸0.46%, 维生素C含量 $40.5\ \text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, 果肉平均含水率85%。对无籽蜜柚花与果生物学特征的观察可为其在海南的高效优质栽培和生产管理技术提供理论依据。

关键词: 无籽蜜柚; 花; 果; 生物学特性

中图分类号: S666.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776(2018)02-0073-05

Observation on Biological Properties of Flower and Fruit of *Citrus grandis*

ZHANG Dan^{1,2}, LI Xin-guo^{1,3}, LUO Li-hua¹, AN Shuo-yu³

(1. Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China;

2. College of Mobile Telecommunications, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 401329, China;

3. Chengmai Honey Pummelo Research Institute of Hainan Province, Chengmai 571945, China)

Abstract: Observations were carried out on morphological and biological properties of flowers and fruits of introduced 5-year *Citrus grandis* in Chengmai of Hainan province. The results showed that the complete flower consists of receptacle, calyx, flower stalk, petal, pistil, stamen, and honey disk, with petals of 4-6, length of 30-35 mm, stamen of 28-35, yellow anthers, white filaments, length of 19-22 mm, honey disc diameter of 6-8 mm. The pollen is nearly round, with four germinal furrows, the pollen grain has size of $18.37\ \mu\text{m} \times 25.13\ \mu\text{m}$ (polar axis length \times equatorial axis length), and the extine looks like net, with different holes. The fruits growth curve is single S, with the whole growth period of 170 days. Average soluble solid content of fruit is 13.3%, average content of titratable acid is 0.46%, the average content of vitamin C is $40.5\ \text{mg}/100\ \text{g}$, and the average water content of sarcocarp is 85%. The observation results on the biological characteristics of *Citrus grandis* flowers and fruits can provide theoretical basis for the efficient and high-quality cultivation and production management technology in hainan

Key words: *Citrus grandis*; flower; fruit; biological property

收稿日期: 2017-09-21; 修回日期: 2018-01-30

基金项目: 海南省重点研发计划项目(ZDYF2016032); 海南省自然科学基金(20163057)

作者简介: 张丹, 硕士研究生, 从事果树栽培生理研究; E-mail: 563568047@qq.com。通信作者: 李新国, 博士, 教授, 从事植物栽培生理与分子生物学; E-mail: lixinguo13@163.com。

无籽蜜柚 *Citrus grandis*, 原产马来西亚, 2002 年 4 月从马来西亚引种, 我国现主要种植在海南, 广西也有少量种植, 果实扁圆形, 皮薄, 无籽, 肉质细嫩, 化渣, 汁液丰富, 香甜可口, 8 月上中旬成熟^[1]。

海南因气候与传统柚类产区存在较大差异, 蜜柚的种植管理上存在一些困难。如长期的高温高湿天气导致病虫害严重; 海南无寒冬, 柚树全年都可以抽新梢, 且生长旺盛, 较难管理; 气温过高会导致柚花成花困难, 需人为进行控水促进花芽分化, 若遇上异常高温天气, 还会对授粉结实产生影响等, 因此了解无籽蜜柚花果的生物学特性, 有助于为其在海南的高效优质栽培和生产管理提供理论依据, 为推广奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于海南省澄迈县金江镇山口善井岭的澄迈县蜜柚研究所的无籽蜜柚园, 19°23' N, 109°45' E。2002 年建园, 面积 13 hm² 余, 1 年生嫁接苗栽培, 株行距 (4~5) m × (4.0~5.5) m, 2010 年开始投产, 2012 年进入盛产期, 目前产量约 22 500 kg·hm⁻²。属热带季风气候, 气候温和, 日照充足, 年平均气温 23.8℃, 年平均日照时数 2 059 h, 年均降水量 1 786.1 mm, 全年无霜; 土壤以红壤和沙土壤为主, 富含多种微量元素。

1.2 花的形态观察

于盛花期 (2015 年 2 月下旬 3 月上旬), 选择 5 年生、不同树体、健壮的无籽蜜柚, 随机采集树冠外围中上部发育良好、完全开放的花 50 朵。直接观察花瓣数、花瓣颜色、花的雄蕊数、花萼形态、花药颜色等; 使用游标卡尺测量花瓣长、花瓣宽、花萼直径、雌蕊长、柱头高、花丝长、花柄长、蜜盘直径等^[2]。

1.3 花粉粒形态观察

采用扫描电镜法 (SEM)^[3], 于现蕾期 (2015 年 1 月下旬) 至初花期 (2 月中旬) 随机采集体不同株的即将开放的花蕾 50 朵, 将新鲜花粉装入储存容器中置于冷冻干燥机 (FDU-1200, 东京理化) 的冷阱内, 在 -40℃ 到 -50℃ 条件下冷冻干燥 12 h 后取出, 然后将干燥后的花粉粒均匀撒在粘有双面胶的样品台上, 用真空喷镀法喷金处理后置于扫描电镜 (S-3000N, 日立公司) 下进行观察和拍照, 950 倍观察花粉粒的群体, 3 200 倍观察赤道面, 3 500 倍观察花粉极面观, 10 000 倍观察表面纹饰及萌发孔^[4], 采用 CAD 程序测量其极轴长、赤道轴长、网孔直径。

1.4 果实生长发育曲线的测定

于 2015 年选取生长良好且一致的 5 株树龄为 5 a 的无籽蜜柚成年树, 第二次生理落果以后, 选取不同方位、大小一致的果实挂牌标记, 共选取 20 个。试验于花后第 40 天开始, 每隔 10 d 用游标卡尺测量果实的横径、纵径, 直到果实成熟 (8 月上旬 9 月初), 根据所测数据, 画出无籽蜜柚果实生长发育曲线图。

1.5 果实品质的测定

于果实成熟期 (8 月上旬 9 月初) 随机选取外表完好、成熟的无籽蜜柚 50 个。观测及测定果实外观品质和内在品质指标。

外观品质观测: 采用天孚 DT-6000 型电子称称量单果重; 用广陆 0~200 mm 的数显游标卡尺测量横径、纵径、果皮厚; 肉眼观察果皮颜色、果肉颜色和囊瓣数; 测定果形指数 (纵径与横径的比值); 计算可食率。

可食率 (%) = 可食部分质量 / 全果质量 × 100。

果实内在品质指标测定: 含水率的测定: $\text{含水率}(\%) = (W_t - W_d) / W_t \times 100$

式中, W_t 为果肉烘干前的质量, W_d 为果肉烘干后的质量。采用 PAL-1 型数显糖度计测定可溶性固形物含量; 采用 NaOH 滴定法测定^[5]可滴定酸含量; 采用 2,6-二氯酚靛酚法测定维生素 C 含量。

2 结果与分析

2.1 花部形态观察

如图 1 所示, 无籽蜜柚的花为总状花序, 雌雄同花, 成熟的花器由花托、花萼、花柄、花瓣、雌蕊、雄蕊、蜜盘构成; 无籽蜜柚花大 (花瓣长 30 ~ 35 mm, 宽 12 ~ 15 mm), 花蕾期颜色为淡绿色, 盛开时白色, 肉质, 有花瓣 4 ~ 6 枚, 花瓣呈舌头状, 平卷, 花瓣长 30 ~ 35 mm, 宽 12 ~ 15 mm。花萼呈杯状结构, 4 ~ 5 浅裂; 雄蕊数目为 28 ~ 35 枚, 花药黄色, 花丝白色, 长 13 ~ 14 mm, 基部联结成束。雌蕊由柱头、花柱和子房构成, 长 19 ~ 22 mm, 柱头呈扁球形, 高 3.5 ~ 4.0 mm, 宽 5.5 ~ 6.5 mm, 花柱为圆柱形, 在花瓣脱落若干天后, 花柱和柱头在花柱与子房顶部的交界处产生离层, 从子房上脱落。无籽蜜柚花有蜜盘, 在雄蕊着生点的上方内侧形成盘状, 直径为 6 ~ 8 mm, 蜜盘在花瓣脱落前都在分泌蜜汁。花柄为圆柱状, 长度为 25 ~ 30 mm, 从下至上, 粗度增加, 上部粗度一般为 2.0 ~ 2.5 mm。



1 - 花托, 2 - 花萼, 3 - 花柄, 4 - 花瓣, 5 - 雄蕊, 6 - 雌蕊, 7 - 蜜盘。

图 1 无籽蜜柚花的形态

Figure 1 Flower morphology of *C. grandis*

2.2 花粉粒形态观察

由图 2 可知, 无籽蜜柚花粉粒外部形态为近球形, 赤道面观为近圆形, 见 1 ~ 2 沟, 极面观为 4 裂圆形。通过 CAD 测定, 花粉粒的极轴长 18.37 μm , 赤道轴长 25.13 μm , 极轴与赤道轴的比值 0.74。根据 G. ERDTMAN^[3]的花粉分类标准, 无籽蜜柚的花粉属于中小型花粉粒。

花粉粒外壁纹饰是进行植物细致分类的重要依据之一。由图 2D 可知, 无籽蜜柚花粉粒的外壁属于网状纹饰, 网眼呈浅穴状, 大小不一, 网孔直径 0.20 ~ 0.60 μm 。无籽蜜柚的萌发类型为孔沟类型, 花粉粒壁表面同时存在孔和沟。无籽蜜柚的花粉粒具有 4 条萌发沟, 孔沟沿极轴方向环状分布。

2.3 无籽蜜柚果实的研究

2.3.1 果实生长动态的研究 从图 3 可以看出, 无籽蜜柚果实的横径和纵径生长均呈近斜线上升的曲线变化, 果实整个生长发育时间约 170 d。此次测量是从第二次生理落果后 (花后第 40 天) 开始测定, 至果实成熟。整体来说横径生长速率大于纵径生长速率, 横径生长始终大于纵径生长, 且两者变化趋势一致。谢花后第 40 至 70 天果实纵径和横径生长曲线都上升较快, 平均每 10 d 果实纵横径的生长量大于 1 cm, 果实体积明显增大。谢花后第 70 至第 90 天, 果实横径和纵径生长曲线上升缓慢, 果实体积增大缓慢。第 90 至第 140 天, 果实横径上升较快, 果实体积增大明显。前 120 d 果实纵径生长曲线基本呈直线, 140 d 以后, 果实横径生长曲线渐趋平稳, 基本不上升, 果实基本停止生长。

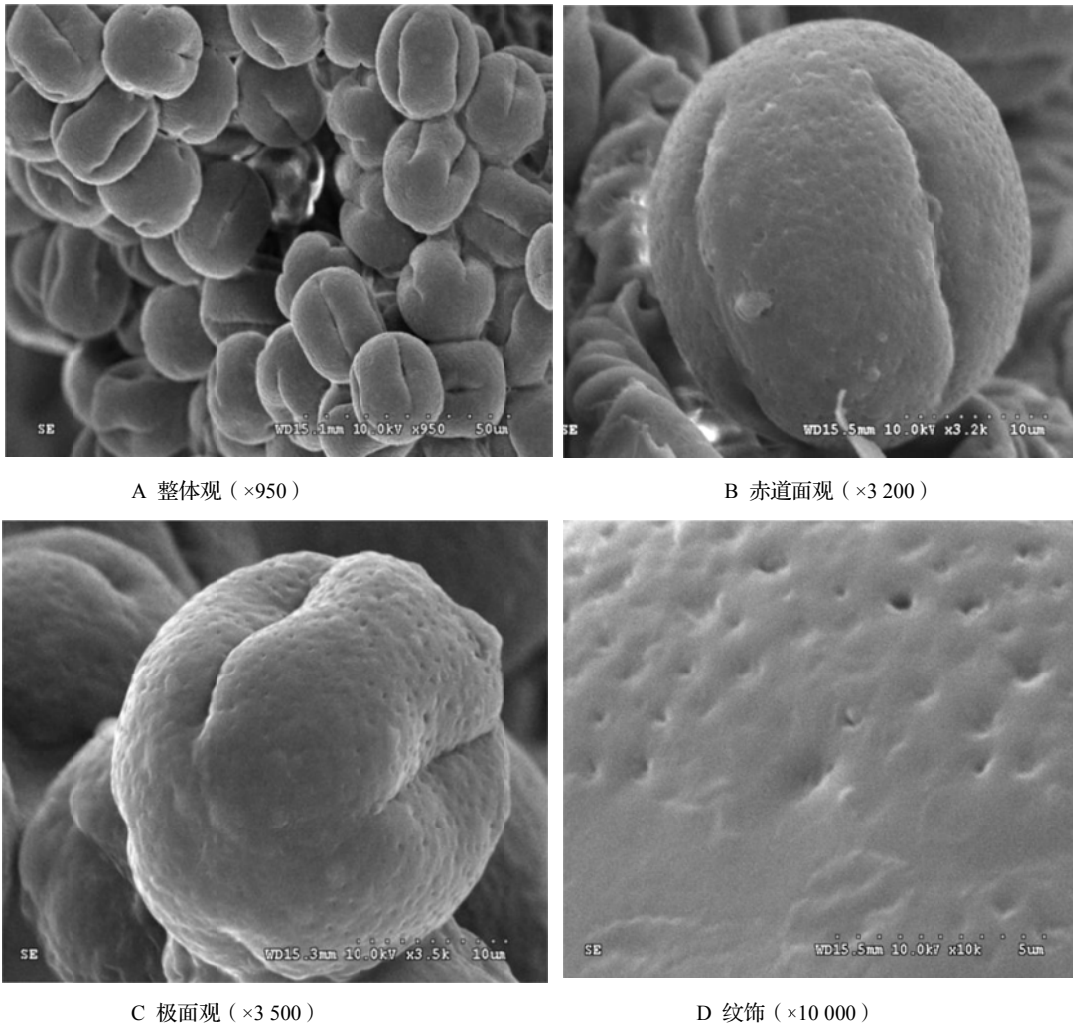


图2 无籽蜜柚花粉粒形态扫描电镜观察结果

Figure 2 SEM of pollen grain of *C. grandis*

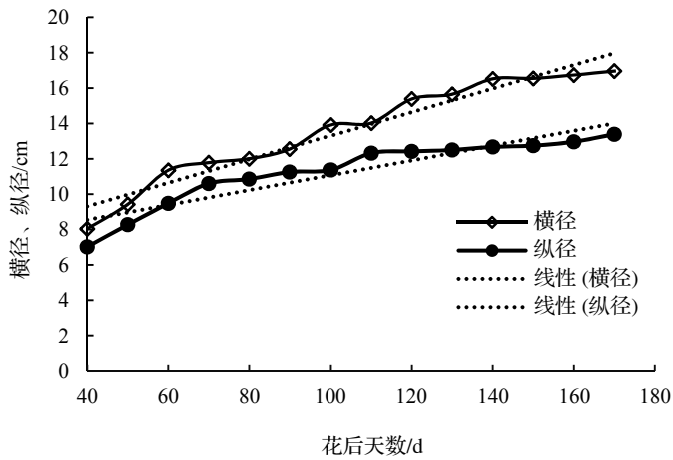


图3 无籽蜜柚果实生长发育曲线

Figure 3 Fruit growth curve of Honey seedless pummelo

2.3.2 果实品质的测定 无籽蜜柚果实成熟时，果皮呈黄绿色，随机抽取的 50 个果实平均单果质量 1 417 g，平均横径 16.88 cm，平均纵径 14.70 cm，果形指数 0.84，果实呈扁圆形或近圆形，平均果皮厚度 11.5 cm，可食

率 63.7%, 果肉颜色为浅黄色, 无籽, 有 13~15 个瓢瓣, 同一个果的瓢瓣大小不均。

无籽蜜柚果实成熟时, 味浓甜, 微苦, 可溶性固形物平均含量为 13.3%, 可滴定酸平均含量为 0.46%, 固酸比高达 30:1; 营养价值高, 维生素 C 平均含量为 40.5 mg·100g⁻¹, 果肉平均含水率 85%。

3 结论与讨论

3.1 花粉形态比较

花粉超微结构观察已成为果树品种鉴定和分类的重要手段之一^[4]。李润堂^[6]对 9 种野生宽皮柑橘 *C. reticulata* 的花粉形态观察发现, 野生宽皮柑橘的花粉粒均呈椭圆形, 具孔沟, 表面雕纹似网状, 根据表面纹孔的形状可明显分为两类, 为宽皮柑橘的分类提供了依据。蔡盛华等^[7]研究发现红肉蜜柚 *C. grandis* ‘Red pomelo’ 与琯溪蜜柚 *C. maxima* cv. ‘Guanxiyou’ 花粉粒外壁纹饰相似, 形状大小相近, 而与下河蜜柚 *C. grandis* ‘Xiahe You’, 相差较大, 从孢粉学上证实了红肉蜜柚和琯溪蜜柚遗传距离相近。林燕金等^[8]研究发现黄金蜜柚 *C. maxima* cv. *aurum grapefruit* 与琯溪蜜柚花粉粒的形状大小相近, 外壁纹饰相似, 与文旦柚 *C. grandis* ‘Wendan You’, 坪山柚 *C. grandis* ‘Pingshan You’ 差异较大。肖远辉等^[4]对沙田柚 *C. maxima* ‘Shatian Yu’, 桂柚 1 号 *C. grandis* ‘Gui You’, 早熟沙田柚、蜜柚、酸柚和砧板柚花粉观察发现这 6 个柚类品种花粉大小、萌发沟、外壁纹饰均存在一定差异, 可作为鉴定亲缘关系及种间关系的依据。

与蔡盛华、林燕金对其他柚类品种花粉形态的研究结果进行比较, 无籽蜜柚赤道轴长、极轴长均小于琯溪蜜柚、红肉蜜柚、文旦柚、坪山柚; 极轴与赤道轴的比值文旦柚最大 0.95, 无籽蜜柚最小, 为 0.74; 无籽蜜柚花粉粒的外壁属于网状纹饰, 网眼呈浅穴状, 大小不一, 琯溪蜜柚、红肉蜜柚、文旦柚、坪山柚花粉的外壁均具网脊, 属于细网状纹饰, 网眼成浅穴状或兼具不规则小穿孔; 从萌发沟数量看, 琯溪蜜柚和红肉蜜柚均可见 4 条孔沟和 5 条孔沟, 属于以 5 孔沟为主类型^[8], 沙田柚和早熟沙田柚具有 5 孔沟, 无籽蜜柚、文旦柚和坪山柚都为 4 条孔沟。从对比结果可以看出, 在大小、外壁装饰、萌发沟数量等方面, 无籽蜜柚与琯溪蜜柚、红肉蜜柚存在一定的差异, 与这些品种之间不存在亲缘关系, 无籽蜜柚、文旦柚和坪山柚萌发沟虽然都为 4 条孔沟, 但在大小和外壁装饰方面存在一定差异, 因此也不存在亲缘关系。

3.2 果实品质评价

果实的品质优劣跟消费者的满意程度有关, 随着人们生活质量的提高, 消费者在要求果实外观好看的同时, 对果实的风味、质地、营养和保健价值等也日益重视。果实品质的评价主要从果实的外观品质(大小、形状、色泽等)、质地品质硬度、含水率等、风味品质(甜度、酸度、涩味)、营养价值(维生素、矿物质等)、安全性等方面进行。

本试验中对无籽蜜柚的基本果实品质测定结果表明, 无籽蜜柚果实成熟时, 果面光滑, 果皮呈黄绿色, 略有光泽, 皮薄汁多, 可食率高, 可溶性固形物含量高, 酸度低, 味甘甜, 肉质细嫩化渣, 是适合海南种植的优秀柚类品种, 今后可在其他地方进行引种试验, 对其果实品质进行比较分析, 找出最适宜种植的区域。

参考文献:

- [1] 海南省质量技术监督局. 无籽蜜柚生产技术规程: DB46/T 414-2016[S]. 海南: 海南省质量技术监督局, 2016.
- [2] 刘沐生. 柚子花部性状的初步研究[J]. 广东农业科学, 2012(19): 39-41, 60.
- [3] ERDTMAN G. 孢粉学手册[M]. 中国科学院植物研究所古植物研究室孢粉组, 译. 北京: 科学出版社, 1978: 243-244.
- [4] 肖远辉, 傅翠娜, 区善汉, 等. 6 个柚类品种花粉形态观察[J]. 南方农业学报, 2014, 45(9): 1616-1620.
- [5] 王学奎. 植物生理生化试验原理与技术(第 3 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015: 187-188.
- [6] 李润唐. 湖南野生宽皮柑橘花粉形态研究[J]. 湖南农业大学学报, 1998, 24(5): 365-369.
- [7] 蔡盛华, 陆修闽, 黄新忠, 等. 红肉蜜柚与琯溪蜜柚亲缘关系孢粉学鉴定[J]. 福建农业学报, 2009, 24(6): 525-527.
- [8] 林燕金, 林旗华, 姜翠翠, 等. 4 个柚类品种花粉形态初步观察[J]. 福建农业学报, 2013, 28(12): 1316-1318.