

引用格式:

吴心怡, 粟芳, 向孝华, 尹韬, 刘鑫, 李佳轩, 陈岳文, 杨俊枫, 卢晓鹏. 不同类型柑橘果实汁胞差异及赤霉素在调控汁胞数量中的作用[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2026, 52(1): 67-73.

WU X Y, SU F, XIANG X H, YIN T, LIU X, LI J X, CHEN Y W, YANG J F, LU X P. Differences in juice sacs among different citrus fruit types and the role of gibberellin in regulating their number[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2026, 52(1): 67-73.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



不同类型柑橘果实汁胞差异及赤霉素 在调控汁胞数量中的作用

吴心怡^{1,2}, 粟芳³, 向孝华³, 尹韬¹, 刘鑫^{1,2}, 李佳轩^{1,2}, 陈岳文^{1,2}, 杨俊枫^{1,2}, 卢晓鹏^{1,2*}

(1. 湖南农业大学园艺学院, 湖南 长沙 410128; 2. 岳麓山实验室, 湖南 长沙 410128;

3. 洪江市农业农村局, 湖南 洪江 418116)

摘要: 以‘橘湘早’温州蜜柑、‘园丰’脐橙、‘黔阳冰糖橙’和‘沙田柚’4种不同类型的柑橘果实为材料, 通过比较不同类型柑橘果实汁胞的显微结构和发育情况, 分析不同类型柑橘果实的汁胞发育规律, 并在细胞分裂期对冰糖橙进行赤霉素(GA₃)处理, 探索赤霉素对果实汁胞发育的调控作用。结果表明: 柑橘在花蕾期即分化出汁胞原基, 花后汁胞原基显著增大, 且在花后1个月内汁胞数量迅速增加; ‘橘湘早’温州蜜柑果实平均单囊瓣汁胞数约219个、平均单汁胞体积为51.22 mm³, 汁胞体积较大且发育快; ‘沙田柚’果实平均单囊瓣汁胞数约415个、平均单汁胞体积为58.08 mm³, 其汁胞体积最大, 发育慢; ‘园丰’脐橙和‘黔阳冰糖橙’果实平均单囊瓣汁胞数分别约429个和448个、平均单汁胞体积分别为35.53 mm³和7.24 mm³, 汁胞发育期均较长; 果实细胞分裂期用GA₃处理冰糖橙后, 果实体积显著增加, 其中单囊瓣汁胞数量显著增加20.3%~22.3%, 促进了果实增大。综上, 柑橘果实大小与其汁胞数量及体积均密切相关, 细胞分裂期使用GA₃促进了果实汁胞数量分化, 影响了果实大小。

关键词: 柑橘; 汁胞发育; 赤霉素; 果实大小

中图分类号: S666

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2026)01-0067-07

Differences in juice sacs among different citrus fruit types and the role of gibberellin in regulating their number

WU Xinyi^{1,2}, SU Fang³, XIANG Xiaohua³, YIN Tao¹, LIU Xin^{1,2}, LI Jiaxuan^{1,2},

CHEN Yuewen^{1,2}, YANG Junfeng^{1,2}, LU Xiaopeng^{1,2*}

(1. College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2. Yuelushan Laboratory, Changsha, Hunan 410128, China; 3. Hongjiang Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Hongjiang, Hunan 418116, China)

Abstract: Four distinct types of citrus fruits, specifically 'Juxiangzao' satsuma mandarin, 'Yuanfeng' navel orange, 'Qianyang Bingtangcheng' sweet orange and 'Shatian Yu', were used as experimental materials to investigate the developmental patterns of juice sacs in different citrus types. This was achieved by comparing their microstructural characteristics and developmental processes. To explore the regulatory effects of gibberellin on juice sac development, 'Qianyang Bingtangcheng' sweet orange was treated with gibberellin(GA₃) during the cell division phase. The results showed that juice sac primordia differentiated at the flower bud stage and expanded significantly after anthesis. Afterward, juice sac number increased rapidly within one month post-anthesis. Specifically, the average number of juice sacs per segment of 'Juxiangzao' satsuma mandarin was 219, with an average volume of 51.22 mm³, which was characterized by their large individual size and rapid development. In contrast, the average number of juice sacs per segment of 'Shatian Yu' was approximately 415,

收稿日期: 2025-05-26

修回日期: 2026-02-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(32172520, 32472666); 国家柑橘产业技术体系(CARS-26)

作者简介: 吴心怡(2000—), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 主要从事果实品质形成研究, 2901746849@qq.com; *通信作者, 卢晓鹏, 博士, 教授, 主要从事果实品质形成与调控研究, xl678@hunau.edu.cn

with an average volume of 58.08 mm³. These sacs were the largest among the studied citrus types but exhibited a slower developmental rate. The average numbers of juice sacs per segment of ‘Yuanfeng’ navel orange and ‘Qianyang Bingtangcheng’ sweet orange were approximately 429 and 448, with average individual juice sac volumes of 35.53 mm³ and 7.24 mm³, respectively. Both cultivars exhibited a relatively long juice sac developmental period. When treated with GA₃ during the cell division stage, the fruit volume exhibited a significant increase in size, with the number of juice sacs per segment increasing by 20.3%-22.3%, thereby promoting fruit enlargement. This promotion in fruit size was primarily attributed to an increase in juice sac number rather than their individual volume. In summary, the size of citrus fruit was closely associated with both the number and volume of juice sac, and the application of GA₃ during the cell division phase promote juice sac differentiation and affected the final fruit size.

Keywords: citrus; development of juice sac; gibberellin; fruit size

果实大小是评价果实品质的重要指标之一,由果实细胞数量、体积和细胞间隙共同决定。细胞分裂和膨大是果实生长发育的重要过程,决定了细胞的数量和体积^[1]。通常,果实的细胞数量在花后4~5周内迅速增加,而在细胞分裂停止后,果实的生长主要依赖于细胞体积的增大^[2-3]。苦瓜果肉厚度随果实发育不断增加,花后细胞面积与果肉厚度呈显著正相关^[4]。在同种植物的不同品种果实中,细胞数量和体积都有较大的差异。不同葡萄品种‘户太八号’和‘赤霞珠’果实大小差异在花后10~50 d出现,其主要由细胞数量和体积不同造成,其中细胞数量差异影响最显著^[5]。梨大果芽变型‘苹果梨’在细胞分裂期和果实成熟期的细胞数量均明显高于普通型的^[6]。在大果型变异品种‘大果锦橙’和小果型变异品种‘长叶橙’中,细胞分裂期的幼果细胞数量与细胞体积差异是导致果实大小差异的主要因素^[7]。柑橘汁胞是由内果皮向囊瓣内腔分化形成的突起,也是柑橘果实的主要食用部分。在果实细胞分裂期,汁胞原基开始形成和分化,汁胞数量持续增加;在细胞膨大期,汁胞开始迅速膨大;在成熟期,汁胞数量和体积逐渐趋于稳定^[8]。已有研究^[9]结果表明,‘锦红’冰糖橙大果芽变果实体积显著增大,主要源于汁胞体积变大和汁胞数量的增加。

赤霉素(GA)在柑橘生产中广泛用于保花保果,其不仅能减少生理落果,还能促进细胞分裂与伸长,从而调控器官发育。不同浓度的GA₃处理能够调节果实体内水分和内源激素水平,从而影响果实细胞数量、大小及果实体积^[10]。宋文亮等^[11]通过对甜樱桃果实外施120 mg/L GA₃,观察到细胞分裂素含量增加,促进了果皮细胞分裂和果实生长。代琳等^[12]在‘明日见’柑橘第二次生理落果期后喷施30 mg/L GA₃,使得细胞分裂增加,果实果皮显著增

厚。陶俊等^[13]发现,用100 mg/L GA₃处理‘红柿柑’,可提高果皮中GA₃和ZT(玉米素)的水平,且在成熟过程中内源激素含量下降速率减慢。张慧等^[14]发现50~200 mg/L GA₃处理对于果实增大均有显著效果,但随着GA₃浓度增高,其调控作用会逐渐减弱。WANG等^[15]研究表明,GA₃能够诱导*EXP*等基因上调表达,从而调控葡萄果实膨大,促进果实发育。除外源施用赤霉素调控外,改变果实内源赤霉素的代谢也可以调控果实大小。抑制番茄*GA20ox1*和*GA20ox2*基因的表达可显著降低其内源赤霉素的含量,从而影响番茄果实细胞的分裂和膨大^[16]。

本研究以4种不同类型的柑橘果实为材料,通过分析汁胞数量、体积,观察汁胞原基发育过程,明确不同类型柑橘果实的汁胞发育特征,为调控柑橘汁胞发育提供参考;在此基础上,以‘黔阳冰糖橙’为材料,喷施GA₃后观察果实大小和汁胞发育变化情况,探讨赤霉素调控柑橘果实大小发育的作用机理,以期在生产上调控柑橘果实大小提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以湖南农业大学耘园基地的‘橘湘早’温州蜜柑和湖南省园艺研究所柑橘试验基地的‘园丰’脐橙、‘沙田柚’和‘黔阳冰糖橙’为试验材料,观察果实汁胞的发育规律。

1.2 方法

1.2.1 采样

依据花发育和果实大小发育特点,在2022年4月10日至4月23日每隔2 d对4个品种进行采样,4月下旬至5月下旬每隔7 d采样,在果实成熟期各取3个大小均匀的果实用于分析汁胞发育情况。花和

果实使用Canon EOS 6D(佳能, 日本)拍照, 使用Leica M205 FCA荧光体视显微镜(徕卡, 德国)拍摄现蕾至细胞分裂期的子房横切面, 并用Leica Application Suite软件(徕卡, 德国)获得代表性图像。

1.2.2 激素处理

在国家柑橘产业技术体系怀化柑橘综合试验站基地进行激素处理试验, 选取树势健壮且基本一致的树龄为10年的‘黔阳冰糖橙’果树为试验材料。10株树分为对照组和处理组, 每组各5株。分别于2023年和2024年2/3谢花期, 对处理组树体均匀喷施50 mg/L GA₃, 在花后10~25 d(第一次生理落果前后)进行第二次喷施^[17-18]; 对照组(CK)喷施清水。在花后140 d采样, 每株树体选取5~8个大小基本一致的果实, 用于后续分析。

激素配制: 称取0.05 g GA₃粉末(纯度≥90.0%), 加入3 mL 95%乙醇溶解, 加入1 mL Triton X-100混匀, 再用超纯水定容至1 L, 配制成50 mg/L GA₃溶液。每株树体均匀喷施2 L该溶液。

1.2.3 细胞显微结构观察

通过石蜡切片观察不同类型柑橘果实汁胞的发育情况。以不同发育期的子房或果实为样品, 经固定、软化、脱水、石蜡包埋、切片、甲苯胺蓝染色等步骤后, 通过Pannoramic MIDI(3DHISTECH,

匈牙利)扫描仪器全景扫描, 使用CaseViewer软件(3DHISTECH, 匈牙利)获得代表性图像。

1.2.4 果实外在品质测定

用精度为0.01 mm的SHAHE游标卡尺(成都三和量具有限公司)测量果实横径和纵径。从单个果实的所有囊瓣中选择3~5个具有代表性的囊瓣, 使用TP-520A电子天平(长沙高新开发区湘仪天平仪器设备有限公司)称量并计算平均单囊瓣质量, 使用排水法测量并计算平均单囊瓣体积。去除囊衣后计算平均单囊瓣汁胞数量, 用平均单囊瓣体积除以平均单囊瓣汁胞数量得到平均单汁胞体积。

1.3 数据处理

使用Adobe Photoshop CS6软件进行图片处理, 使用Excel 2019和GraphPad Prism 8.0软件进行数据处理和作图, 使用SPSS 27.0软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同类型柑橘果实汁胞发育情况

4种柑橘果实汁胞分析结果(图1)显示, ‘橘湘早’温州蜜柑的果实最小, 汁胞短小且数量最少, ‘园丰’脐橙和‘黔阳冰糖橙’果实中等, ‘沙田柚’果实最大, 汁胞数量最多, 且体积最大。

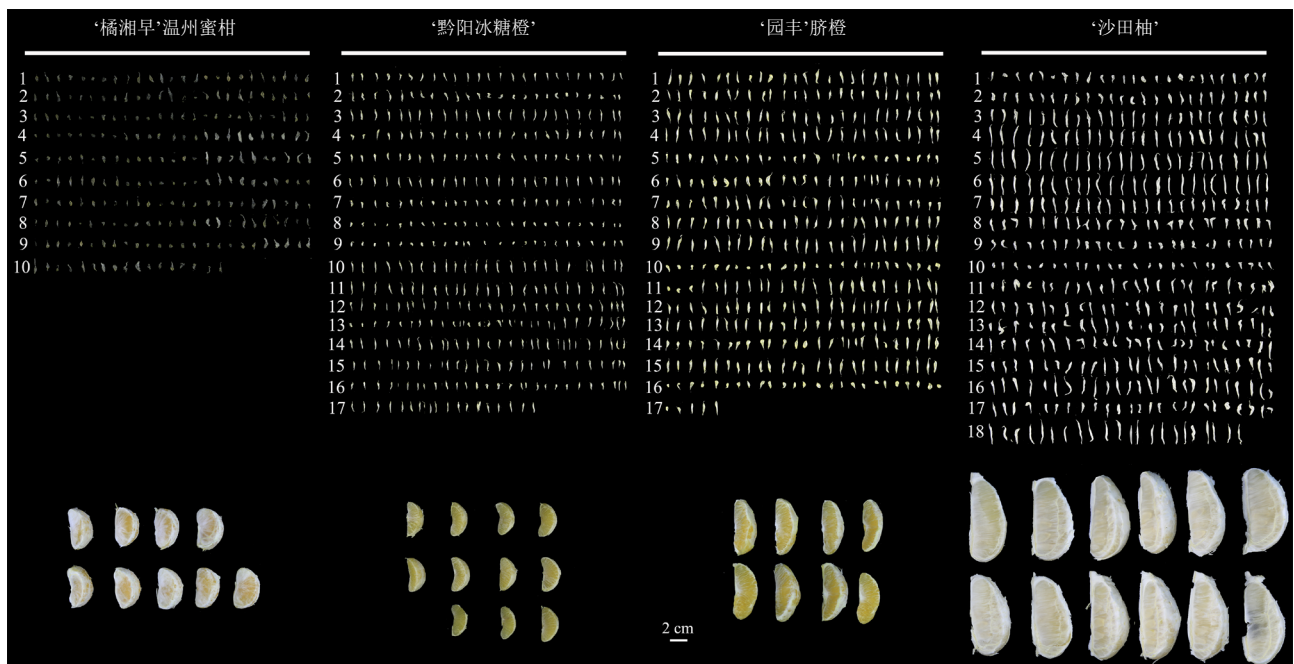
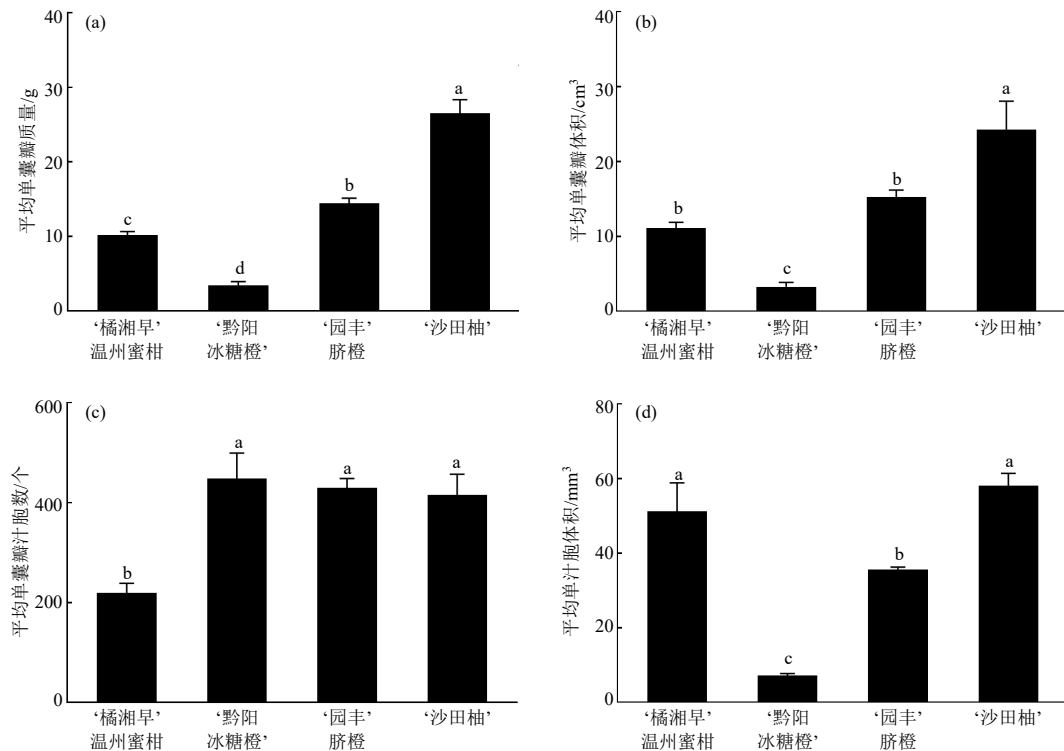


图1 不同类型柑橘成熟果实的汁胞和囊瓣

Fig. 1 Juice sacs and segments of mature fruits from different citrus species

由图2可知,‘黔阳冰糖橙’的平均单囊瓣质量(3.39 g)、平均单囊瓣体积(3.27 cm^3)、平均单汁胞体积(7.24 mm^3)均最小,而‘沙田柚’的平均单囊瓣质量(26.48 g)、平均单囊瓣体积(24.27 cm^3)和平均单汁胞体积(58.08 mm^3)均最大。‘园丰’脐橙的平均单囊瓣汁胞数(429个)显著多于‘橘湘早’温州蜜柑的(219个),‘园丰’脐橙的平均单汁胞体积(35.53 mm^3)显著小于‘橘湘早’温州蜜柑的(51.22 mm^3)。‘橘湘早’温州蜜柑与‘园丰’脐橙囊瓣体积的差异不显著。‘橘湘早’温州

蜜柑平均单囊瓣汁胞数为219个,‘黔阳冰糖橙’、‘沙田柚’和‘园丰’脐橙的平均单囊瓣汁胞数分别为448、415和429个,均约为‘橘湘早’温州蜜柑的2倍。总体而言,‘沙田柚’的汁胞数量多且单汁胞体积最大;‘园丰’脐橙的汁胞数量与‘沙田柚’的无显著差异,汁胞体积中等;‘黔阳冰糖橙’汁胞数量最多但单汁胞体积最小;‘橘湘早’温州蜜柑的汁胞数量最少,但单汁胞体积较大。因此,不同类型的柑橘果实大小与其汁胞体积和数量均密切相关。



不同小写字母表示不同品种间的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

(a) 平均单囊瓣质量; (b) 平均单囊瓣体积; (c) 平均单囊瓣汁胞数; (d) 平均单汁胞体积

图2 不同类型柑橘囊瓣和汁胞特征比较

Fig. 2 Characteristics comparison of segments and juice sacs among different citrus types

2.2 不同类型柑橘果实汁胞发育过程

对不同柑橘果实进行切片观察,结果(图3、图4)显示,柑橘现蕾期(4月10日),‘橘湘早’温州蜜柑和‘沙田柚’子房尚未分化出心室(未来形成囊瓣),而子房内沿中轴胎座四周均匀分布着致密细胞团,即心室原基。同时期,‘园丰’脐橙和‘黔阳冰糖橙’已分化出完整心室,有汁胞原基细胞团显现。柑橘花蕾膨大期(4月13日至15日),4种柑橘类型子房均已分化形成心室,心室内部的胚囊清晰可见。沿心室四周有一层形态规则、排布整齐、均匀的细胞(未来形成囊衣),囊衣层汁胞原基明显。柑橘开花至谢花期(4月17日至28日),心室空间增大,心室内壁轮廓更

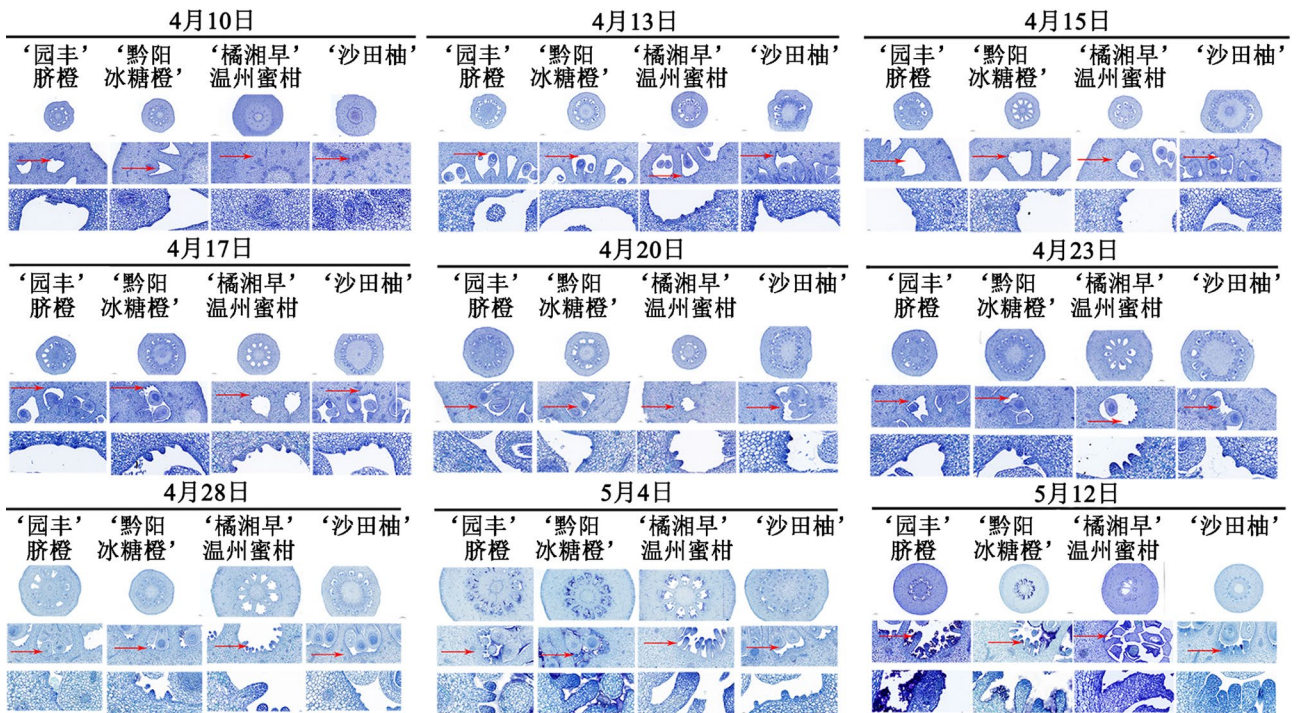
加清晰,其中,子房内壁分化出许多突起状的汁胞原基。随着子房发育,不同类型柑橘汁胞原基数量都呈现明显增加趋势,品种间差异开始显现,其中‘橘湘早’温州蜜柑的汁胞原基数量明显多于其他品种的。

进入5月后,柑橘幼果膨大明显,心室空间增大,心室内壁轮廓更加清晰,心室内汁胞原基已形成肉眼可见的微小汁胞。随着幼果发育膨大,‘橘湘早’温州蜜柑的汁胞发育最快,‘园丰’脐橙和‘黔阳冰糖橙’汁胞发育次之,‘沙田柚’汁胞数量和体积增速最慢(图3、图4)。综上,不同类型柑橘果实发育速度不同,汁胞原基发育差异较大。



图3 不同类型柑橘果实细胞分裂期的形态

Fig. 3 Morphology of cell division phases in different types of citrus fruits



红色箭头所示为汁胞原基。

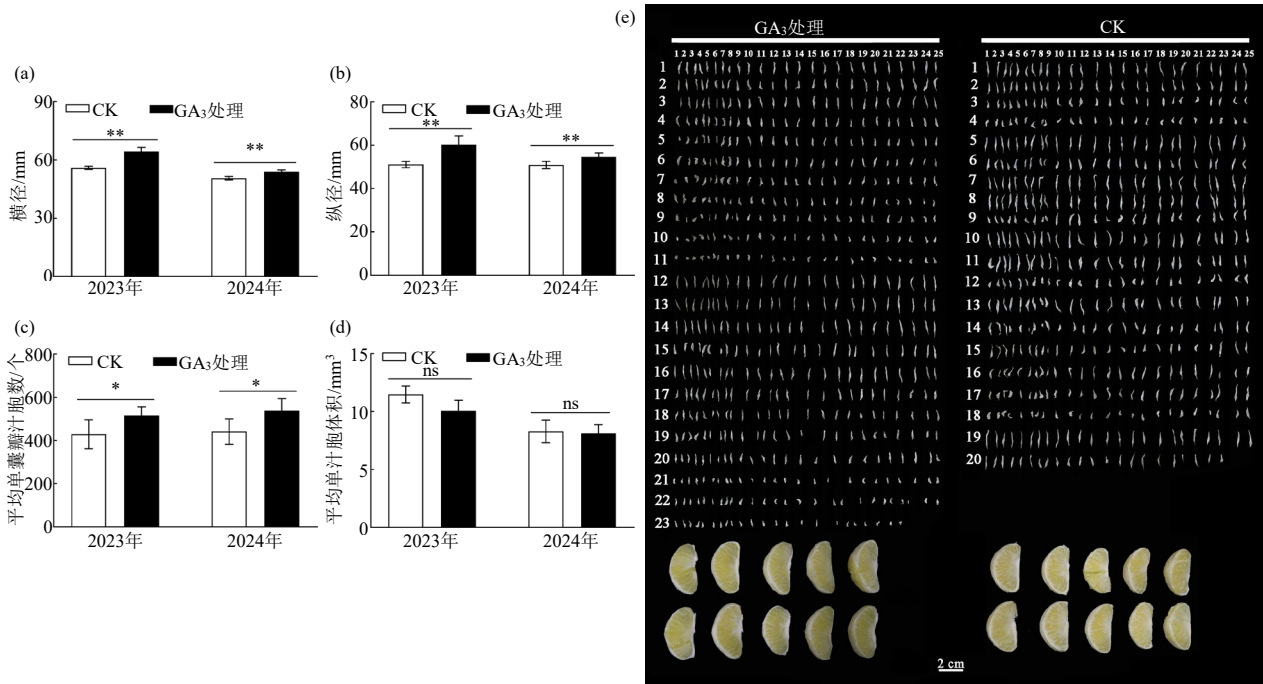
图4 果实细胞分裂期不同类型柑橘汁胞原基发育观察

Fig. 4 Dynamics of juice sac primordia development during flowering and cell division across major citrus species

2.3 GA₃对柑橘果实汁胞数量形成的调控作用

‘黔阳冰糖橙’外源喷施GA₃处理后，果实体积显著增加，GA₃处理果的横、纵径均显著大于对照果的。2023年，GA₃处理果横、纵径增幅均较大，横径增大了13.9%，纵径增大了17.9%；2024年，GA₃处理果横径较对照果增大6.7%，纵径增大7.4% (图5(a)、图5(b))。综上可见，GA₃处理对果实发育有显著的促进效果。

GA₃处理的冰糖橙果实汁胞数差异较大，形状差异较小，均呈细长条状。2023年，对照果平均单囊瓣汁胞数为428.9个，而GA₃处理果的达516.1个，提高了20.3%。2024年，处理果平均单囊瓣汁胞数为539.2个，相比对照果的440.8个，汁胞数量增长22.3%(图5(c)、图5(e))。同期，GA₃处理的果实平均单汁胞体积与对照相比无显著差异(图5(d))。由此可见，GA₃对于冰糖橙果实汁胞数量形成有促进作用。



“*”和“**”分别表示不同处理间的差异有统计学意义($P<0.05$ 、 $P<0.01$)；“ns”表示无显著差异。

(a) 横径；(b) 纵径；(c) 单囊瓣汁胞数；(d) 单汁胞体积；(e) 不同处理下囊瓣和汁胞对比

图5 GA₃处理下‘黔阳冰糖橙’果实汁胞的发育情况

Fig. 5 The development of juice sacs in ‘Qianyang Bingtangcheng’ sweet orange fruits treated with GA₃

3 结论与讨论

在柑橘栽培中,果实大小是影响产量、品质和价格的关键因素之一,不仅关乎其经济效益,还影响消费者的选购偏好。因此,深入研究果实大小的调控机制对于提高柑橘的生产效益和市场竞争力具有重要意义。柑橘果实的汁胞发育在果实大小形成过程中起着至关重要的作用,通过研究汁胞发育过程和调控机制,可以为改善果实品质提供新的思路。本研究分析了不同类型柑橘果实的汁胞发育特征以及果实大小与汁胞发育的关系,研究结果有望为制定科学的柑橘栽培管理策略提供参考。

在果实生长发育过程中,不同类型的柑橘果实汁胞发育规律不同,果实体积大小不一。果实生长发育分为细胞分裂期、细胞膨大期和成熟期,细胞分裂期通过调控果肉细胞数量,在很大程度上可以决定果实的大小。苹果的果肉由花托发育形成,谢花后细胞数量可达4 000万个,且细胞数量越多,果实越大^[19]。细胞膨大期的细胞体积增大对于果实大小也至关重要。例如,番茄的细胞分裂在子房发育初期便停止,而后期的果实膨大依靠细胞体积增大来实现^[20]。在柑橘果实中,汁胞是其主要的食用部分,汁胞的数量和体积与果实大小直接相关。尹

韬^[21]的研究表明,‘黔阳冰糖橙’的大果芽变品种‘洪华二号’果实汁胞数量和体积都显著高于‘黔阳冰糖橙’的,并且与果实大小呈正相关。本研究分析了冰糖橙、温州蜜柑、脐橙和柚这4种不同类型柑橘果实的汁胞发育情况,结果显示,‘橘湘早’温州蜜柑的平均单囊瓣汁胞数显著少于‘黔阳冰糖橙’、‘园丰’脐橙和‘沙田柚’的,‘沙田柚’汁胞数量较多且汁胞体积最大;‘橘湘早’温州蜜柑的平均单汁胞体积与‘沙田柚’的相近,‘园丰’脐橙的次之,而‘黔阳冰糖橙’的最小。以上结果说明柑橘果实的大小是由汁胞数量及体积共同决定的,与汁胞分裂和膨大密切相关,这与SADKA等^[22]的观点基本一致。

在花发育过程中,细胞分裂是子房生长的重要驱动力,子房细胞分裂速率和持续时间将影响子房的最终大小,进而影响最终的果实大小^[23]。大多数果实自花原始体形成阶段起,便开始进行细胞分裂,开花期暂停,授粉受精后恢复分裂,直至数周后才会停止分裂^[24]。体积较大的果实进行细胞分裂的时间较长,其细胞分裂次数也较多。苹果在授粉受精前会进行14次细胞分裂,授粉受精后分裂4~6次,其细胞数量才会基本稳定^[25]。草莓则是在生长发育过程中一直不停地进行细胞分裂,直到果实发育成熟^[26]。本研究对4种柑橘果实组织进行切片观

察后发现,‘园丰’脐橙和‘黔阳冰糖橙’均在现蕾期时已经分化出完整心室,并且其内壁上凸起的汁胞原基细胞明显;而‘橘湘早’温州蜜柑和‘沙田柚’直到花蕾膨大期才分化出心室,开花期开始分化出汁胞原基,谢花后汁胞原基数量开始逐渐增加。花后的1个月内各品种汁胞数量迅速增加,与柑橘果实细胞分裂期吻合。不同品种间,‘橘湘早’温州蜜柑的汁胞数量少但发育速度快,‘沙田柚’汁胞数量多且发育速度慢。因此,不同类型柑橘果实汁胞起始发育进程差异较大,果实大小与汁胞数量和体积关系密切,而与汁胞发育速度关系较小。

赤霉素是柑橘生产中常用的保花保果剂,通常也会影响果实大小。已有研究^[27-28]表明,GA₃可以调控番茄开花时间并通过促进信号转导激活细胞分裂相关基因表达,促进细胞分裂,使果实增大。GA₃处理过的葡萄果实横、纵径也显著增大^[29]。对GA₃处理的葡萄果实进行显微结构观察发现,细胞纵径和细胞面积增加,葡萄果实增大^[30]。GA₃处理可促进苹果果实发育早期的细胞分裂和伸长,从而实现果形拉长^[31]。本研究中,在细胞分裂期用GA₃处理‘黔阳冰糖橙’,结果显示,GA₃处理后果实横、纵径显著增加,进一步分析可知果实增大主要是因为汁胞数量显著增加,而汁胞体积无明显变化。柑橘生产中保花保果的时间正是果实细胞分裂期,若此时应用赤霉素则可能促进果实汁胞数量分化,从而在调控果实大小中发挥作用。本研究针对4种不同类型柑橘的代表性果实,开展了形态比较和外源激素处理,揭示了不同类型柑橘果实汁胞的发育模式,明确了GA₃通过增加汁胞数量调控果实大小的作用机制,可为完善柑橘果实特异性的汁胞发育理论及生产中应用GA调控果实大小提供参考依据。

参考文献:

- [1] 宋志海,高飞飞,陈大成.果实大小相关性及其影响因素研究进展[J].福建果树,2002(3):9-12.
- [2] YAMAGUCHI M, HAJI T, MIYAKE M, et al. Varietal differences in cell division and enlargement periods during peach(*Prunus persica* Batsch) fruit development[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 2002, 71(2): 155-163.
- [3] MCATEE P, KARIM S, SCHAFFER R, et al. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening[J]. Frontiers in Plant Science, 2013, 4: 79.
- [4] 裘波音,李大忠,林琚,等.不同果肉厚度的苦瓜种质细胞大小和形态差异分析[J].福建农业科技,2023,54(3):14-19.
- [5] 王乐乐,刘春燕,陈鹏飞,等.葡萄大小浆果发育前期细胞学、糖积累和库强比较[J].中外葡萄与葡萄酒,2023(6):1-9.
- [6] 于婷婷.‘苹果梨’及其大果型芽变细胞学和果实糖、酸差异比较研究[D].延吉:延边大学,2020.
- [7] 庞少萍.甜橙果实体积发育影响因子研究[D].重庆:西南大学,2017.
- [8] 李玲,肖润林,莫继荣.赣中南柑橘果实生长发育规律与栽培技术关系[J].长江流域资源与环境,1998,7(4):359-363.
- [9] 许园园,谭世水,张玲,等.锦红冰糖橙大果芽变果实结构解剖、激素变化和转录组分析[J].果树学报,2024,41(4):611-624.
- [10] 周琪.GA₃处理对葡萄果实水分及发育的调控机理研究[D].兰州:甘肃农业大学,2021.
- [11] 宋文亮,张泽杰,陈修德,等.外施GA₃调控植物激素含量诱导设施甜樱桃的单性结实[J].植物生理学报,2019,55(2):185-193.
- [12] 代琳,张伦德,周志扬,等.外源赤霉素、氨基酸钙处理对‘明日见’柑橘裂果的影响[J].中国农学通报,2024,40(7):49-55.
- [13] 陶俊,张上隆,陈昆松,等.GA₃处理对柑橘果皮色素变化的影响[J].园艺学报,2002,29(6):566-568.
- [14] 张慧,刘世彪,唐元桂,等.不同植物生长调节剂对猕猴桃单果重及营养成分的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2015,41(4):385-390.
- [15] WANG X C, ZHAO M Z, WU W M, et al. Comparative transcriptome analysis of berry-sizing effects of gibberellin(GA₃) on seedless *Vitis vinifera* L.[J]. Genes & Genomics, 2017, 39(5): 493-507.
- [16] MIGICOVSKY Z, HARRIS Z N, KLEIN L L, et al. Rootstock effects on scion phenotypes in a ‘Chambourcin’ experimental vineyard[J]. Horticulture Research, 2019, 6: 64.
- [17] 袁洁,区善汉,刘冰浩.无核柑橘保果技术研究进展[J].植物学研究,2023,12(1):8-13.
- [18] 蒋艳华.不同浓度的赤霉素对柑桔保花保果的影响[J].北方园艺,2008(12):51.
- [19] 崔文霞.影响果实大小的因素分析[J].现代农村科技,2023(12):51.
- [20] OJEDA H, DELOIRE A, CARBONNEAU A, et al. Berry development of grapevines: relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement[J]. Vitis, 1999, 38(4): 145-150.

(下转第130页)