

莲雾遮阴诱导成花过程中顶芽结构与淀粉粒分布的变化

全振炫¹, 魏冬¹, 吴国麟², 周东辉², 黄旭明¹, 周碧燕^{1*}

(¹华南农业大学园艺学院, 广州 510642; ²珠海市现代农业发展中心, 广东珠海 519070)

摘要:【目的】探究莲雾成花过程顶芽结构和淀粉粒分布的变化。【方法】以‘黑珍珠’莲雾为试材, 通过遮阴控制营养生长以及喷施乐斯本促进花芽分化, 观察莲雾成花过程中顶芽结构以及淀粉粒分布。【结果】遮阴处理后顶芽生长停滞, 遮阴 64 d 后揭去遮阳网并喷施乐斯本, 可促进花芽分化, 在揭网后 22 d 观察到花芽。整个遮阴处理期间, 顶芽芽轴中的细胞均能观察到淀粉粒, 而对照未观察到淀粉粒; 花分化过程中也观察到花器官有淀粉粒的存在。【结论】莲雾顶芽成花需要一定的碳水化合物储备, 而遮阴处理控制营养生长的同时, 促进了顶芽淀粉粒的积累。

关键词: 莲雾; 顶芽; 淀粉粒; 花芽分化

中图分类号: S667.9

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2018)07-0845-08

Changes in the structure of apical buds and distribution of starch grains in wax apple during flower formation

QUAN Zhenxuan¹, WEI Dong¹, WU Guolin², ZHOU Donghui², HUANG Xuming¹, ZHOU Biyan^{1*}

(¹College of Horticulture, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, Guangdong, China; ²Zhuhai Modern Agricultural and Developmental Center, Zhuhai 519070, Guangdong, China)

Abstract: 【Objective】To study the changes in the distribution of starch grains in cells and the structure of wax apple buds during flower bud induction and differentiation induced by shading and chlorpyrifos treatment. 【Methods】‘Heizhenzhu’ [*Syzygium samarangense* (BL.) Merr. et Perry.] wax apple trees were selected for the study at the stage when the leaves of the new shoots were turning green. Trees were shaded with 90% shading nets for 64 days to control the vegetative growth. After the shading net was removed, solution of 48% chlorpyrifos diluted by 300 times was sprayed to all the trees to promote flower bud initiation. After shaded for 0, 45, 64 d and removing the shading nets for 4, 11, 22 days, apical buds of all the trees were collected for paraffin sections to study the structure and the distribution of starch grains in cells of the apical buds. 【Results】All the trees were at the stage of turning green prior to the treatment. After 64 d of shading treatment, apical buds in the treated trees were in a dormant state. Then the shading nets were removed from the trees and the trees were sprayed with diluted chlorpyrifos to promote flower initiation. Starch grain could be found before shading and they could be still seen during the shading treatment. They were concentrated in the axis of the treated apical buds. However, the starch grains in the control trees disappeared with the growing of the new shoots, and no starch grains in the cells of the control buds were found. These results suggested that the growth of the new flushes repressed starch accumulation in cells of buds whereas shading could maintain starch by suppressing the vegetative growth. Twenty two days after removing the shading nets from the trees, flower buds could be observed. The results also showed that starch grains could be found in the pedicel, receptacle, corolla, calyx and epidermis at corolla differentiation stage. 【Conclusion】Shading can induce bud dormancy

收稿日期: 2017-12-22 接受日期: 2018-05-29

基金项目: 广东省科技计划(2013B020302005); 省级现代农业产业技术推广体系(2017LM1130)

作者简介: 全振炫, 硕士, 从事热带亚热带果树栽培与生理研究。Tel: 15622190503, E-mail: 185191743@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 020-85289602, E-mail: zhoubiyan@scau.edu.cn

in wax apple and inhibit vegetative growth. Growth of new flushes represses starch accumulation in cells of buds whereas shading maintains starch accumulation by suppressing vegetative growth.

Key words: Wax apple; Apical bud; Starch grain; Flowering bud differentiation

莲雾 [*Syzygium samarangense* (Bl.) Merr. et Perry.] 是桃金娘科蒲桃属常绿果树, 又名洋蒲桃、水蒲桃, 原产东南亚热带地区, 有“水果皇帝”之称。莲雾已经成为东南亚地区的重要经济果树^[1-2], 近年来, 在台商的带动下, 大陆的莲雾栽培面积不断扩大, 我国多地均有栽培, 经济效益甚高^[3]。

莲雾产期调节技术在生产上应用广泛。莲雾的产期集中在7—8月, 此时正值水果大量上市, 价格无优势; 另外夏季气温高、病虫害严重, 导致果实产量和品质低下。前人研究表明, 一般植物在光线不足的环境中, 会造成徒长, 不利于开花, 但是莲雾遮光反而会促进成花^[4]。遮光处理是莲雾产期调节的关键技术, 通过遮光处理, 强迫树体的芽进入休眠状态, 防止抽生新梢消耗养分, 提高成花率^[5]。在莲雾生长旺盛的夏季, 应用黑网遮阴控梢, 结合环剥、断根、浸水等栽培措施, 控制营养生长, 调整树势, 再配合化学药剂促进抽生花芽, 可将其产期调至春节前后, 改善果实品质, 提高市场竞争力。

植物成花过程中, 需要消耗碳水化合物为自身提供能量, 淀粉是碳水化合物在植物体内的重要贮藏形式, 而淀粉在组织细胞内是以淀粉粒的形式进行贮藏, 淀粉分解为可溶性糖后被利用。有研究表明, 植物在花芽分化前芽体或叶片的淀粉含量会升高, 以供给花芽发育所需。刘芳等^[6]利用低温处理解除百合鳞茎休眠, 研究了休眠解除以及花芽分化过程中鳞茎细胞的淀粉粒变化, 发现随着花芽的发育以及雄蕊和雌蕊的分化, 鳞片和顶芽细胞中的淀粉粒数量逐渐减少, 表明花器官的分化需要消耗碳水化合物。蔡中芳等^[7]发现龙眼秋梢在花芽分化期, 芽体中淀粉一直处于不断累积的状态, 但芽体和叶片的淀粉含量变化趋势并不同步, 认为评价淀粉含量变化趋势, 芽体相对于叶片更加准确, 高浓度的淀粉有利于龙眼的成花。李双岑等^[8]发现, 在‘红地球’葡萄花芽分化过程中, 花芽淀粉含量升高, 在草莓中的研究也表明, 在花芽分化期, 花芽中淀粉的含量持续增加^[9]。但对于莲雾, 芽体经过遮阴处理控制营养生长、以及随后经过催花处理促进花芽分化

的过程中, 作为细胞中淀粉储备形式的淀粉粒, 发生了怎样的变化, 遮阴导致光合作用的减弱, 是否会对芽体淀粉储备产生不良的影响, 相关研究未有报导。

为此, 笔者研究了莲雾遮阴处理控制营养生长, 以及遮阴后喷施乐斯本促进花芽形成和花芽分化过程中芽体结构与芽内淀粉粒的变化, 分析莲雾成花与淀粉积累的关系, 以期莲雾成花调控提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与处理

试验于中山市坦洲镇津浦农场进行, 以12 a (年) 生‘黑珍珠’莲雾为材料, 株行距为4 m×4 m, 平均树高约2.5 m, 冠幅约2.5 m。选择生长状态一致的‘黑珍珠’莲雾树, 于2015年8月4日进行全株覆盖90%遮阳网遮阴处理, 设6个重复; 以不遮阴为对照。2015年10月7日 (遮阴64 d) 揭去遮阳网后, 当即对处理和对照组进行叶面喷施48%乐斯本乳油300倍液。于遮阴处理后0、45、64 d (揭网后0 d) 和揭网后4、11、22 d 切取顶芽, 用FAA固定液固定24 h以上, 用于石蜡切片观察。另外在遮阴后20 d 和40 d 进行对照和遮阴组新梢数量、长度和抽生枝率统计, 在催花成功后进行成花率、成花枝率和花穗数量的统计。

1.2 石蜡切片与PAS染色方法

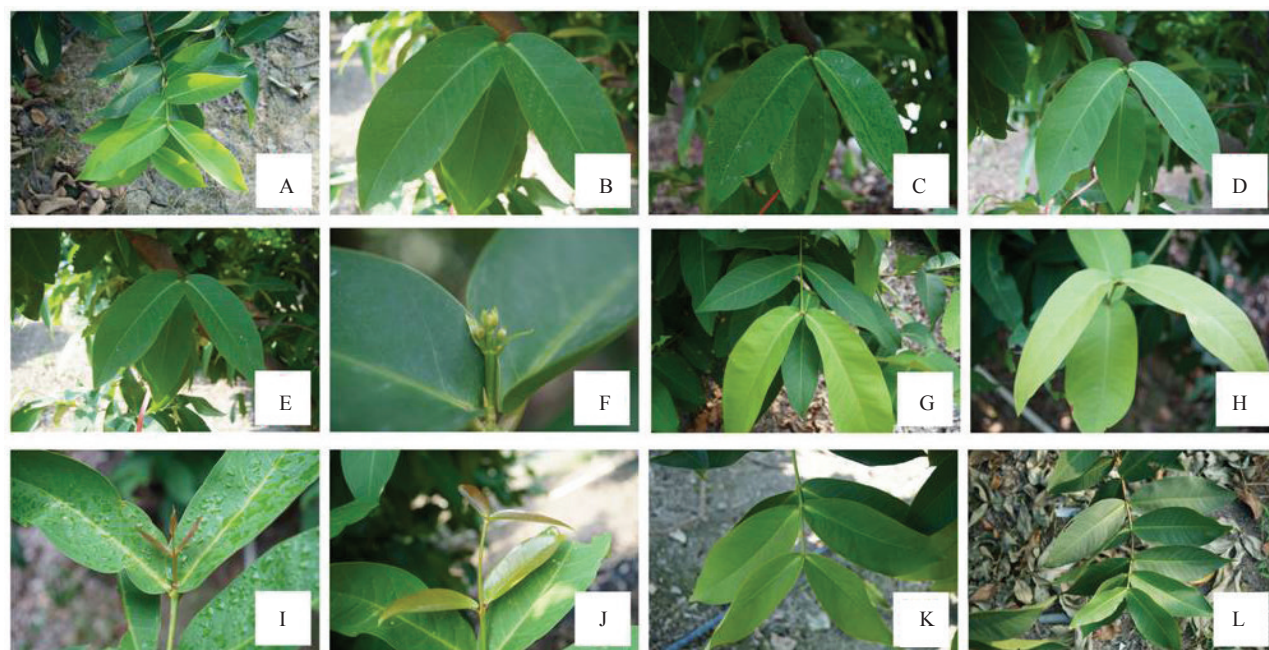
石蜡切片参照李和平等^[10]的方法进行, 略有修改。顶芽样品经FAA固定液抽真空固定24 h后, 用刀片切割至适宜大小 (保留侧芽原基); 材料转移至2 mL 带孔离心管, 经50% (φ, 后同)、70%、80%、95%、100%、100%梯度乙醇脱水; 等体积的乙醇和二甲苯混合液浸泡1 h, 纯二甲苯透明1 h; 离心管中装入碎蜡, 浸泡于少量二甲苯中, 放置于50℃恒温箱过夜后, 转入纯蜡锅, 放置于60℃恒温箱12 h, 再更换一次纯蜡锅, 放置于60℃恒温箱12 h; 浸透石蜡后的材料取出包埋, 修成上小下大的棱台形小蜡块, 在Leica切片机上切片, 切片厚度为14 μm; 切片经42℃完全展片后, 50℃烘箱烤片24 h以上; 烤好的

玻片浸入二甲苯溶液中脱蜡 20 min, 更换二甲苯溶液再浸泡 20 min 透明, 用乙醇-二甲苯溶液过渡后, 按照 100%、95%、80%、70%、50% 的酒精梯度各浸泡 1~2 min, 蒸馏水浸洗 2 次。淀粉粒染色使用 Leagene 公司的糖原 PAS 染色试剂盒: 滴加高碘酸溶液(A 液)室温氧化 7 min 后, 自来水浸洗 2 min, 蒸馏水浸洗 2 次; 滴加 Schiff Reagent (B 液) 室温暗染 15 min, 自来水浸洗 10 min; 滴加 1% HCl-乙醇溶液(C 液), 5 min 后用自来水浸洗 15 min, 蒸馏水浸洗 2 次; 经 50%、70%、80%、95%、100%、100% 梯度乙醇脱水后, 二甲苯透明 30 min, 中性树胶封片, Olympus BX-53 显微镜观察拍照。

2 结果与分析

2.1 控梢催花处理对莲雾枝梢生长的影响

由图 1 可以看出, 在遮阴处理前, 对照和处理的叶片均处于转绿中(图 1-A、G)。从 0 至 64 d 遮阴控梢处理过程中, 莲雾的芽整体处于休眠状态(图 1-B~C)。未遮阴的对照枝梢在 45 d 时已经抽出一趟新梢, 新梢叶片正在生长(图 1-H), 在 64 d 时, 该趟新梢转绿, 芽开始萌动(图 1-I)。遮阴处理 64 d 后揭网, 并喷施乐斯本进行催花, 在揭网后 22 d 观察到花芽(图 1-D~F), 而对照枝梢继续生长, 逐渐伸长、转绿成熟(图 1-J~L)。



A~F. 处理植株的枝梢, 分别对应遮阴后的 0、45、64 d (开始揭网) 和揭网后 4、11、22 d; G~L. 对照植株的枝梢, 分别为遮阴处理对应的时间点, 即 0、45、64、68、75、84 d。

A-F. Shoots of shade treated trees at 0, 45 and 64 d (unshaded) and 4, 11 and 22 d after shading, respectively; G-L. Shoots of controlled trees at the same time.

图 1 对照和遮阴处理植株新梢生长情况
Fig. 1 Growth of shoots of control and shading treatment

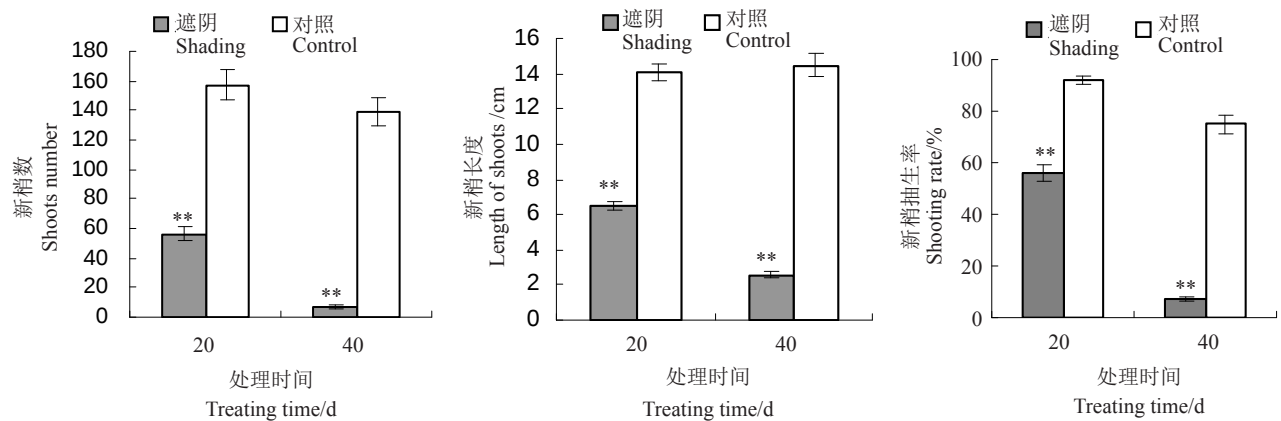
试验 40 d 后 2 组都长了 2 次的新梢。处理后 20 d, 遮阴组抽生的新梢数量、长度、比率分别是对照组的 35.88%、45.91%、60.05%, 处理组与对照组呈极显著差异; 处理后 40 d, 处理组抽生的新梢数量、长度、比率分别是对照的 4.76%、17.66%、9.47%, 处理组抽生的新梢数量、长度、比率与对照组呈极显著差异(图 2)。说明遮阴能够抑制莲雾新梢数量、长度和新梢比率的增加, 从而抑制新梢的生长, 而且遮阴 40 d 与

遮阴 20 d 处理组抽生的新梢数量、长度、比率呈极显著差异, 说明遮阴 40 d 对新梢抽生的抑制效果比遮阴 20 d 好, 遮阴 40 d 后, 已经几乎没有新梢长出。

揭网后, 经过遮阴处理的植株喷施乐斯本进行催花处理, 其成花率达到 100%, 成花枝率和每枝上的花穗数均显著高于对照(表 1)。

2.2 莲雾成花过程中顶芽结构的变化

如图 3 所示, 莲雾在遮阴前顶芽处于休眠状态

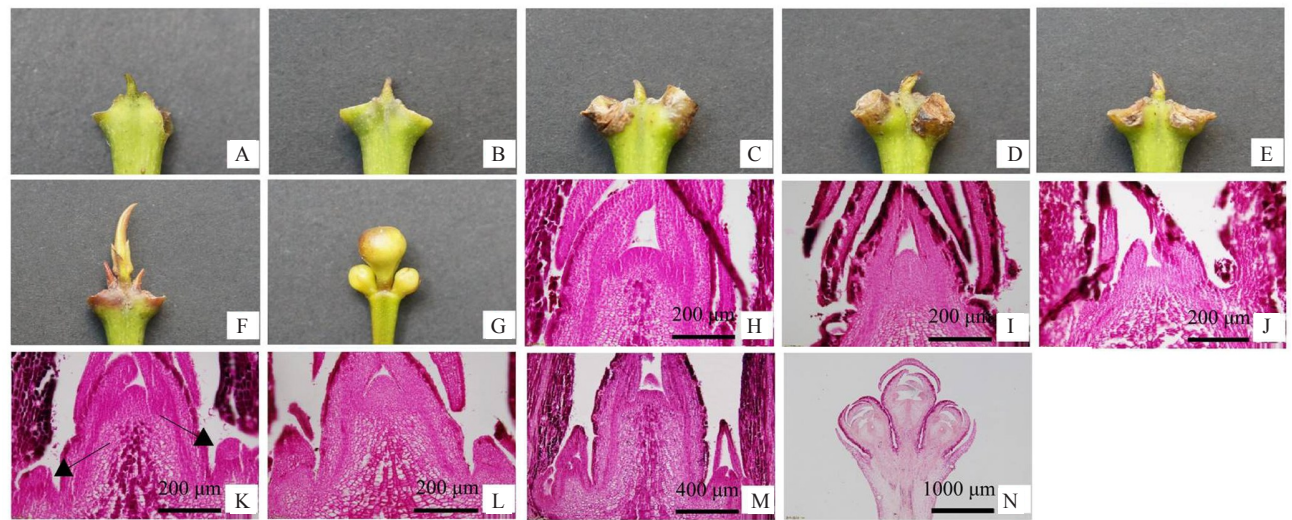


*和**分别表示在同一处理时间内对照和处理在 $p \leq 0.05$ 和 $p \leq 0.01$ 水平上差异显著(T 测验)下同。
* and ** show that control and treatment are significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ at the same treatment time, respectively (T test). The same below.

图 2 遮阴处理对莲雾枝梢抽生的影响
Fig. 2 Effects of shading treatment on shoot growth in wax apple

表 1 解除遮阴后的成花效应			
Table 1 Flowering effect of shading treatment			
组别 Groups	成花率 Flowering rate/%	成花枝率 Flowering rate of shoots/%	枝条花穗数 Spike number
对照 Control	0	0	0
遮阴 Shading	100	43.3±10.7*	21.8±5.3*

(图3-A、H); 遮阴期间顶芽营养生长受到抑制, 仍处于休眠状态(图3-B~C、I~J); 处理后 64 d, 揭去遮阳网, 顶芽仍处于休眠状态, 但芽体比之前大(图3-C、J); 揭网后 4 d, 顶芽继续生长变大, 两侧观察到侧芽原基形成(图3-D、K); 揭网后 11 d, 侧芽原基继续生长(图3-E、L); 揭网后 22 d, 有些芽分化成为叶芽



A. 遮阴处理前的顶芽; B. 遮阴后 45 d 的顶芽; C. 遮阴后 64 d(开始揭网)的顶芽; D. 揭网后 4 d 的顶芽; E. 揭网后 11 d 的顶芽; F. 揭网后 22 d 的叶芽; G. 揭网后 22 d 的花芽; H. 遮阴处理前顶芽显微结构; I. 遮阴后 45 d 的顶芽显微结构; J. 遮阴后 64 d(开始揭网)的顶芽显微结构; K. 揭网后 4 d 的顶芽显微结构; L. 揭网后 11 d 的顶芽显微结构; M. 揭网后 22 d 的叶芽显微结构; N. 揭网后 22 d 的花芽显微结构。
A. An apical bud of a shoot before shading; B. An apical bud of a shaded shoot after 45 d of treatment; C. An apical bud of a shaded shoot after 64 d of treatment (0 d after shade removal); D. An apical bud 4 d after removing the sun-shading net; E. An apical bud 11 d after removing the sun-shading net; F. Leaf buds 22 d after removing the sun-shading net; G. An floral bud 22 d after removing the sun-shading net; H. Micro-structure of an apical bud before shading; I. Micro-structure of an apical bud after 45 d of shading; J. Micro-structure of an apical bud after 64 d of shading; K. Micro-structure of an apical bud 4 d after removing the sun-shading net; L. Micro-structure of an apical bud 11 d after removing the sun-shading net; M. Micro-structure of leaf buds 22 d after removing the sun-shading net; N. Micro-structure of an floral bud 22 d after removing the sun-shading net.

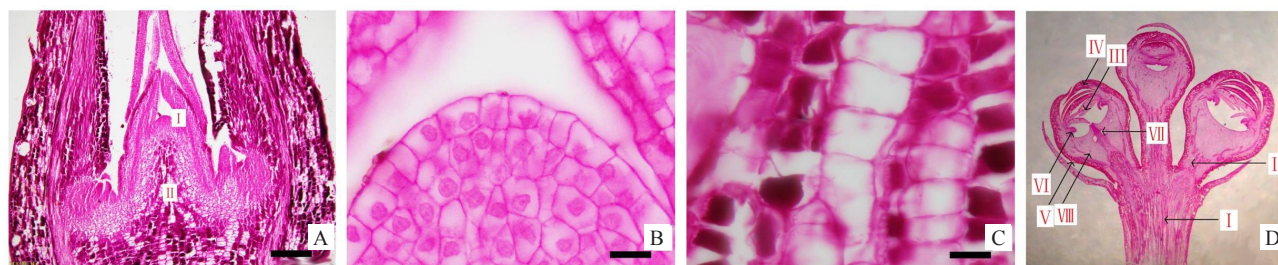
图 3 处理和对照成花过程中顶芽形态变化
Fig. 3 Structure changes of apical buds of treatment and control

(图3-F、M),有些芽分化成花芽(图3-G、N)。

2.3 莲雾成花过程顶芽淀粉粒的分布

图4为顶芽结构图,遮阴处理前,在部分顶芽生长点下方的芽轴内发现了淀粉粒的存在(图5-A、G)。遮阴后45、64 d和揭网后4、11、22 d,处理组顶芽的芽轴部位的细胞内均发现有淀粉粒的存

在(图5-B~F);而对照芽轴细胞内并未发现淀粉粒(图5-H~L)。在揭网后22 d,花芽出现,所有花芽中均能观察到淀粉粒的存在(图5-F)。所有淀粉粒均在芽轴部位(图4-A的II部位、图4-C)发现,但在生长点细胞中未发现淀粉粒的存在(图4-A的I部位、图4-B)。

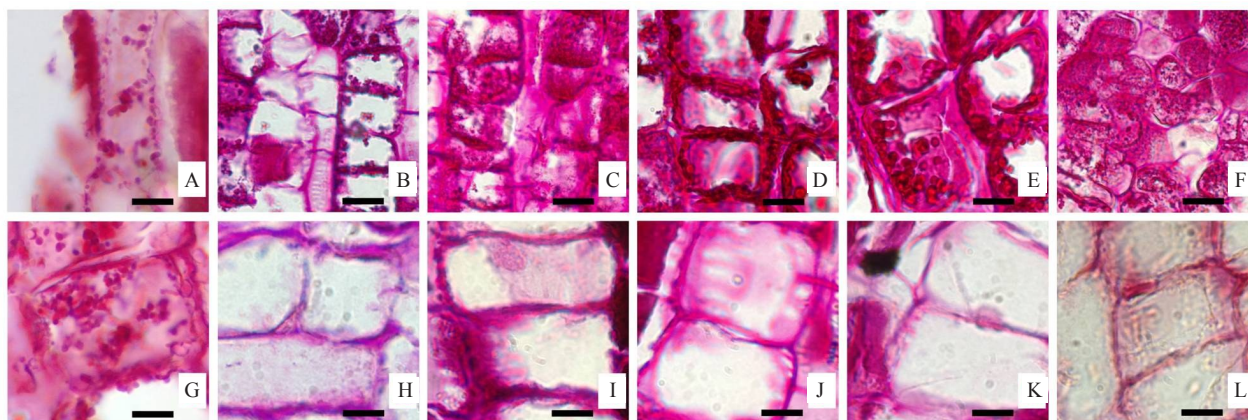


A. 莲雾顶芽结构示意图, Bar=800 μm ; B. A 图中 I 部位的放大图,生长点, Bar=50 μm ; C. A 图中 II 部位放大图,芽轴, Bar=100 μm ; D. 莲雾花器官结构, I、II、III、IV、V、VI、VII、VIII 分别为花柄、花托、花冠、花萼、表皮、雄蕊、雌蕊、子房, Bar=800 μm 。

A. Micro-structure of an apical bud in wax apple, Bar=800 μm . B. Enlarged image of area I in figure A indicating apical meristem, Bar=50 μm . C. Enlarged image of area II indicating bud axis, Bar=100 μm . D. Micro-structure of floral organ in wax apple. I, II, III, IV, V, VI, VII and VIII are corresponded to pedicel, receptacle, corolla, calyx, epidermis, stamen, pistil and ovary, respectively, Bar=800 μm .

图4 莲雾顶芽结构

Fig. 4 Structrue of apical bud of wax apple



A~F. 处理植株顶芽的芽轴,分别对应遮阴后 0、45、64 d(开始揭网)和揭网 4、11、22 d; G~L. 对照植株顶芽的芽轴,分别为处理对应的时间点,即 0、45、64、68、75、84 d; Bar=20 μm 。

A-F. Bud axis of treated trees at 0, 45 and 64 d of shading treatment, and 4, 11 and 22 d after removing the shading net, G-L. Bud axis of controlled trees at the same time points, Bar=20 μm .

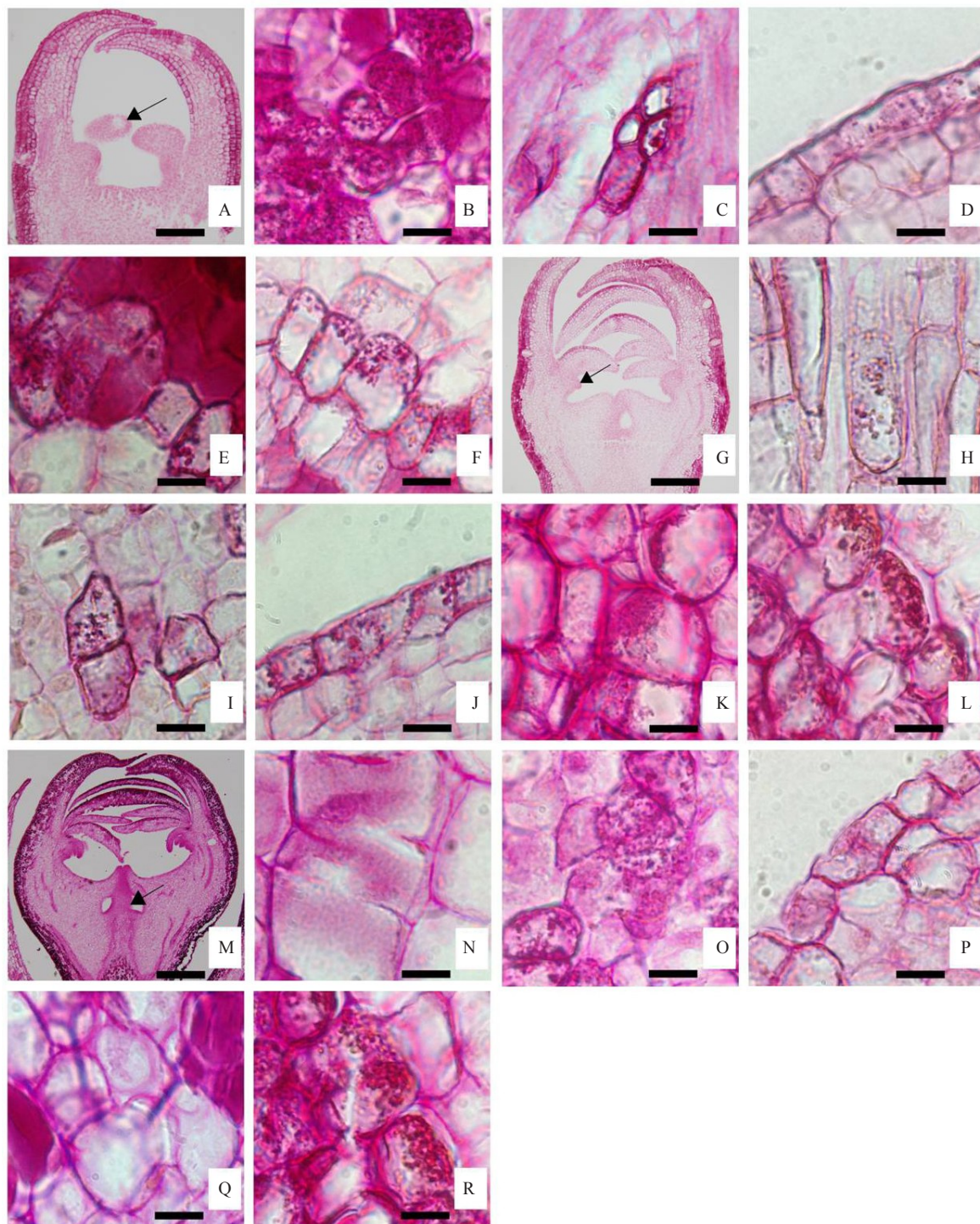
图5 处理和对照芽轴淀粉粒分布

Fig. 5 Distribution of starch granules of bud axis of treatment and control

2.4 莲雾花分化过程顶芽淀粉粒的分布

图4-D为莲雾花器官各部位示意图,在花瓣分化期,花器官开始分化出花瓣(图6-A),此时在花器官的花柄(图6-B)、花托(图6-C)、花冠(图6-D)、花萼(图6-E)、表皮(图6-F)等部位的细胞内均发现有淀粉粒的存在,其中花柄细胞有大量的淀粉粒,分布最为密集,花托的细胞中淀粉粒最为稀少,只有与花

柄交接的地方才能观察到零星的淀粉粒。进入雄蕊分化期(图6-G),此时在上面5种组织中依然可以发现淀粉粒的存在,而花柄部位的淀粉粒数量有所减少(图6-H),花冠(图6-J)、花萼(图6-K)、表皮(图6-L)的淀粉粒数量与密度无明显变化,花托部位的淀粉粒数量有所增加(图6-I)。在雌蕊分化期(图6-M),雌蕊长出后,花柄伸长,花柄细胞中已观察不到



A. 花瓣分化期的花器官, 箭头所示为花瓣, Bar=100 μm ; B-F. 花瓣分化期的花柄、花托、花冠、花萼、表皮, Bar=20 μm ; G. 雄蕊分化期的花器官, 箭头所示为雄蕊, Bar=200 μm ; H-L. 雄蕊分化期的花柄、花托、花冠、花萼、表皮, Bar=20 μm ; M. 雌蕊分化期的花器官, 箭头所示为雌蕊, Bar=400 μm ; N-R. 雌蕊分化期的花柄、花托、花冠、花萼、表皮, Bar=20 μm 。

A. Floral organs at corolla differentiation stage, the arrow indicates the petal, Bar=100 μm ; B-F. Pedicel, receptacle, corolla, calyx and epidermis at corolla differentiation period, respectively, Bar=20 μm ; G. Floral organs at stamen differentiation stage, the arrow indicates the stamen, Bar=200 μm ; H-L. Pedicel, receptacle, corolla, calyx and epidermis at stamen differentiation stage, respectively, Bar=20 μm ; M. Floral organs at pistil differentiation stage, the arrow indicates the pistil, Bar=400 μm ; N-R. Pedicel, receptacle, corolla, calyx and epidermis at pistil differentiation stage, respectively, Bar=20 μm .

图 6 不同时期的花器官淀粉粒分布变化

Fig. 6 Distribution starch granules of different stages of floral organs

淀粉粒的存在(图6-N);而此时花冠细胞中的淀粉粒也变得非常少(图6-P);花萼完全观察不到淀粉粒的存在(图6-Q);但表皮仍有较多的淀粉粒(图6-R);此时花托淀粉粒数量较多、密度较大并集中分布于花托与子房交界处(图6-O)。

3 讨论

莲雾顶芽在遮阴期间处于休眠状态,揭网并喷施乐斯本后,顶芽解除休眠,所有经遮阴处理的树均有成花,其成花枝率接近50%。另外,遮阴处理顶芽芽轴的细胞内一直观察到有淀粉粒的存在,而对照在同期观察不到淀粉粒的存在。对试验植株的观察发现,在2015年8月4日至2015年10月29日,对照植株一直处于旺盛的营养生长状态,共长出2批新梢,此期间所取的顶芽样品内未观察到淀粉粒,这可能与旺盛的营养生长、消耗大量的碳水化合物、顶芽没有足够的碳水化合物储备有关;相对于对照,遮阴处理植株的营养生长被抑制,此期间所取的顶芽样品内可以观察到淀粉粒存在,这可能是遮阴控制了植株的营养生长,有利于芽体中碳水化合物的积累。这与前人在荔枝^[11-12]、龙眼^[7]等植物上的研究结果一致,笔者课题组过去在‘黑珍珠’莲雾上的研究结果也表明,遮阴处理后叶片碳水化合物含量下降^[13],这种碳水化合物的下降趋势与蔡中芳等^[7]的研究结果相一致,这可能反映了叶片和芽之间碳水化合物的源库关系。值得注意的是,即便遮阴处理使莲雾叶片碳水化合物含量下降,但这并未影响芽体中淀粉的积累,这可能是遮阴促进成花的原因之一。

根据前人对郁金香^[14]、桂花^[15]和李^[16]等植物的研究,花器官按花萼、花瓣、雄蕊和雌蕊的顺序由外到内依次分化。本研究中,对‘黑珍珠’莲雾花器官切片的观察表明,在花瓣分化期、雄蕊分化期和雌蕊分化期,不同部位的花器官均存在淀粉粒,且不同时期淀粉粒分布情况有所差异。在花瓣分化、雄蕊分化和雌蕊分化的3个时期,笔者发现直接和花托相连的花柄部位淀粉粒数量和密度从多到少变化,而花托的淀粉粒数量和密度则刚好相反。淀粉的累积反映了树体碳素营养储备的水平,顶芽和花淀粉粒分布的变化可能与相应组织的源库关系相关。此外,笔者观察到的莲雾花器官外部的萼片和花冠部位在发育过程中淀粉粒数量由多变少,而内部的花托部位在发育过程中淀粉粒数量从少到多的结果,与前

人在甜樱桃上的研究结果相似:温室栽培的甜樱桃胚珠中淀粉颗粒数量要多于同时期露地栽培的,淀粉粒的分布区域也较大^[17],其珠被中的淀粉粒数量随花器官的不断发育呈现出越来越少,珠心中未观察到淀粉粒,表明珠心细胞中囊胚的发育所需的能量来源与珠被密不可分^[18],这与笔者观察到的莲雾花器官外部的萼片和花冠部位在发育过程中淀粉粒数量由多变少,而内部的花托部位在发育过程中淀粉粒数量从少到多的结果相类似。

参考文献 References:

- [1] SHU Z H, MEON Z, TIRTAWINATA R, THANARUT C. Wax apple production in selected tropical Asian countries[J]. *Acta Horticulturae* (ISHS), 2008, 773: 161-164.
- [2] SHU Z H, LIN T S, LAI J M, HUANG C C, WANG D N, PAN H H. The industry and progress review on the cultivation and physiology of wax apple with special reference to ‘Pink’ variety[J]. *The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2007, 1(2): 48-53.
- [3] 郑加协,周红玲,张少平,郑云云. 漳州莲雾产期调节技术研究[J]. *果树学报*, 2016, 33(12): 1517-1522.
ZHENG Jiaxie, Zhou Hongling, ZHANG Shaoping, ZHENG Yunyun. A study on the techniques for producing off-season wax apple in Zhangzhou[J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(12): 1517-1522.
- [4] 杨军. 黑网遮光调节莲雾产期技术介绍[J]. *台湾农业探索*, 2004(2): 34-35.
YANG Jun. Introduction of regulations of wax apple production by shading[J]. *Taiwan Agricultural Exploration*, 2004(2): 34-35.
- [5] 郑武生. 黑珍珠莲雾产期调节技术[J]. *福建果树*, 2009(3): 77-78.
ZHENG Wusheng. Technology of regulations of production of ‘Heizhenzhu’ wax apple[J]. *Fujian Fruits*, 2009(3): 77-78.
- [6] 刘芳,田忠平,蔡英杰,张雨,周蕴薇. 细叶百合低温解除休眠过程中鳞茎细胞淀粉粒及花芽分化的变化[J]. *草业学报*, 2015, 24(9): 154-162.
LIU Fang, TIAN Zhongping, CAI Yingjie, ZHANG Yu, ZHOU Yunwei. Change in starch grains and flower bud differentiation of *Lilium* bulbs during breaking of dormancy under refrigerated conditions[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(9): 154-162.
- [7] 蔡中芳,彭坚,李永红,赵长增,陈佰鸿,张少艾. ‘四季花’龙眼叶片和芽体碳水化合物含量变化与花芽分化相关性研究[J]. *亚热带植物科学*, 2010, 39(3): 8-11.
CAI Zhongfang, PENG Jian, LI Yonghong, ZHAO Changzeng, CHEN Baihong, ZHANG Shao' ai. Correlation research of carbohydrate change in buds and leaves and flower bud differentiation of *dimocarpus longan* ‘Sijihua’ [J]. *Subtropical Plant Sci-*

- ence, 2010, 39(3): 8-11.
- [8] 李双岑. 红地球花芽分化规律及其影响因子研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2016.
- LI Shuangcen. Study on flower bud differentiation of Red Global and its influencing factors[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2016.
- [9] 庞夫花, 赵密珍, 王钰, 于红梅, 夏瑾. ‘宁玉’草莓花芽分化及其生化物质的变化[J]. 果树学报, 2014, 31(6): 1117-1122.
- PANG Fuhua, ZHAO Mizhen, WANG YU, YU Hongmei, XIA Jin. Studies on floral bud differentiation and biochemical changes of ‘Ningyu’ strawberry[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(6): 1117-1122.
- [10] 李和平. 植物显微技术[M]. 第二版. 北京: 科学出版社, 2009.
- LI Heping. Plant microscopy[M]. Second ed. Beijing: Science Press, 2009.
- [11] 莫伟平, 周琳耀, 张静逸, 贝学文, 付欣雨, 王惠聪, 黄旭明. 遮荫和环剥对荔枝枝梢生长和光合生理的影响[J]. 园艺学报, 2013, 40(1): 117-124.
- MO Weiping, ZHOU Yaolin, ZHANG Jingyi, BEI Xuwen, FU Xinyu, WANG Huicong, HUANG Xuming. Effects of shading and girdling on shoot growth and photosynthesis in litchi[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2013, 40(1): 117-124.
- [12] 尹金华, 陆洁梅, 黄旭明, 罗诗, 赖永超. 糯米糍荔枝花芽诱导期间叶片色素和结构的变化[J]. 果树学报, 2008, 25(2): 258-261.
- YIN Jinhua, LU Jiemei, HUANG Xuming, LUO Shi, LAI Yongchao. A study of changes in chlorophyll content and structure of leaf of Nuomici litchi cultivar during flower induction[J]. Journal of Fruit Science, 2008, 25(2): 258-261.
- [13] 简营. 遮荫和胁迫处理对莲雾相关生理指标的影响[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- JIAN Ying. Effects of shading, drought stress and water logging on related physiological index of wax apple[D]. Guangzhou: South China Agriculture University, 2016.
- [14] 张继娜. 郁金香花芽分化的观察与研究[J]. 甘肃农学报, 2006, 41(4): 41-44.
- ZHANG Jina. Observation and research on flower bud differentiation of tulip in Lanzhou[J]. Journal of Agricultural University, 2006, 41(4): 41-44.
- [15] 王彩云, 高莉萍, 鲁涤非, 黄燕文. ‘厚瓣金桂’桂花花芽形态分化的研究[J]. 园艺学报, 2002, 29(1): 52-56.
- WANG Caiyun, GAO Liping, LU Difei, HUANG Yanwen. A study on Morphological differentiation of flower bud of *osmanthus fragrans* ‘Houban Jingui’ [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2002, 29(1): 52-56.
- [16] 钟晓红, 罗先实, 陈爱华. 柰李花芽分化与体内主要代谢产物含量的关系[J]. 湖南农业大学学报(自科版), 1999, 25(1): 31-35.
- ZHONG Xiaohong, LUO Xianshi, CHEN Aihua. A study on Nai Plum’s flower bud differentiation and its major content of metabolic production[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Nature Version), 1999, 25(1): 31-35.
- [17] 职倩倩, 赵长竹, 顾红, 林苗苗, 陈锦永, 杨晓红, 方金豹. 露地和日光温室甜樱桃花芽发育特征及胚珠多糖定位观察[J]. 果树学报, 2012, 29(3): 466-470.
- ZHI Qianqian, ZHAO Changzhu, GU Hong, LIN Miaomiao, CHEN Jinyong, YANG Xiaohong, FANG Jinbao. Observation of the development characteristics of floral bud and localization of polysaccharides in the ovule of sweet cheery in field and greenhouse[J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(3): 466-470.
- [18] 林苗苗, 职倩倩, 陈锦永, 顾红, 张威远, 张洋, 方金豹. 甜樱桃开花前后胚珠中淀粉和细胞器的超微结构比较[J]. 果树学报, 2014, 31(增刊 1): 64-69.
- LIN Miaomiao, ZHI Qianqian, CHEN Jinyong, GU Hong, ZHANG Weiyuan, ZHANG Yang, FANG Jinbao. A comparative study on ultra-structure of starch and organelle of the ovule in sweet cherry before and after flowering[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(S1): 64-69.