

高州油茶花器官开花授粉前后生理生化的动态变化研究

刘 祯¹, 陈锐帆¹, 申春晖¹, 奚如春^{1,2*}, 邓小梅^{1,2*}

(1. 华南农业大学, 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642;

2. 广东省森林植物种质创新与利用重点实验室, 广东 广州 510642)

摘要:

【目的】

【方法】

【结果】

【结论】

关键词: 糖含量; 酶活性; ¹³C 脉冲标记; 高州油茶

中图分类号: S794.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498 (2024)

LIU Zhen¹, CHEN Rui-fan¹, SHEN Chun-hui¹, XI Ru-chun^{1,2*}, DENG Xiao-mei^{1,2*}

(1.College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China;

2. Guangdong Key Laboratory for Innovative Development and Utilization of Forest Plant Germplasm, Guangzhou 510642, Guangdong, China)

Abstract:

【Objective】

【Method】

【Result】

【Conclusion】

Key words: *Camellia gauchowensis*

活性氧 (ROS) 包括超氧化物 (O₂·⁻)、单线态氧 (1O₂)、过氧化氢 (H₂O₂) 和羟基自由基 (OH·), 它们作为信号分子在调节发育和应激反应方面起着至关重要的作用。ROS 主要由产生 ROS 的酶和细胞器 (如线粒体和叶绿体) 通过代谢途径或电子传递链产生。ROS 水平升高到破坏性水平会引起毒性, 因此植物能合成多种酶和小分子抗氧化剂清除 ROS 以维持 ROS 稳态。但 ROS 作为重要的信号分子, 有时必须暂时升高, 否则会导致发育缺陷。

ROS 已被证明在花粉发育期间控制拟南芥、水稻、番茄和豌豆中毡状细胞死亡的时间上发挥作用; 柱头的花粉接受性与柱头 ROS 水平和调节它的酶密切相关。花粉粒在花药内完全成熟后, 花粉被释放出来, 落到雌蕊柱头上。柱头在通过 ROS 介导的机制区分相容和不相容的花粉粒上起着至关重要的作用。识别后, 柱头只允许相容的花粉粘附、水合然后发芽, 形成细长的花粉管。同时 ROS 水平的平衡和信号传导对于花粉管生长至关重要。呼吸爆发氧化酶同源物 (RBOH) 对 ROS 的尖端定位产生对于花粉管生长同样至关重要。RBOHs 和 ANXUR 蛋白位于花粉管顶端的质膜区域, 它们相互作用, 在花粉管生长的 ROS 合成中发挥作用。

1.4 材料与方法试验材料

1.5 试验方法

1.5.1 高州油茶花期花器官形态观察及样品采集

分别观察高州油茶开花前两天 K (-2)、开花当天 K (0)、开花后一天 K (1)、开花后两天 K (2)、开花后四天 K (4)、开花后六天 K (6) 的花器官形态, 并采集生长发育良好的新鲜花朵各 30 个用于相关生理生

化指标的测定。

1.5.2 高州油茶花期花器官单宁酶活性测定

将 K (-2)、K (0)、K (1)、K (2)、K (4)、K (6) 6 个时期采集的雌雄蕊样品进行测定, 参考 Sharma 等的方法并 稍作调整, 将花柱在液氮中充分研磨, 取 100 μL 适当稀释酶液与 400 μL 没食子酸丙 酯溶液 (1.25 mmol.L⁻¹, pH 6.0) 混匀, 于 30℃ 条件反应, 10 min 后加入 300 μL 罗丹宁甲醇溶液 (50 mmol.L⁻¹) 终止反应, 加入 200 μL 0.5 mol.L⁻¹ KOH 溶液显色, 稳定 5 min 后在 520 nm 波长处测定吸光度。以每分钟生成 1 μmol 没食子酸所需的酶量为 1 个酶活力单位 (U)。

1.5.3 高州油茶花期花器官激素含量动态变化

将 6 个时期采集的雌雄蕊样品进行激素测定, 测定 方法: 将花器官 (花朵取花柱) 在液氮中充分研 磨, 待测。通过酶联免疫吸附试验 (ELISA) 测定细胞分裂素 (CTK)、脱落酸 (ABA)、生长素 (IAA)、 赤霉素 (GA)、油菜素内酯 (BR)、乙烯 (ETH) 6 种内源激素含量。ELISA 试剂盒由广州奥瑞达生物技 术有限公司 (中国, 广州) 提供。用 Microplate Reader (Multiskan FC, Thermo fisher scientific, Waltham, MA, USA) 酶标仪, 以试剂盒内标准物的浓度为横坐标, 测得的 OD 值为纵坐标, 绘制标准曲线, 得到 直线回归方程式, 计算样品含量。

1.5.4 高州油茶花期花器官 ROS、H₂O₂ 含量和抗氧化酶活性动态变化

将 6 个时期采集的雌雄蕊样品进行测定, 方法参考 (何凤 2019), 但略有修改, 具体步骤如下: 将存 于 -80 °C 冰箱中的 0.1 g 样品用 2 mL 磷酸缓冲液细磨成浆液状态。4 °C、8000 rpm 离心 20 min, 吸取 上清转移到新的离心管中, 插入冰盒中待测。测量的具体步骤 和样品的制备参照苏州科铭公司 (中国, 苏 州) 试剂盒, 每个样品制备 3 个重复。用 Microplate Reader (Multiskan FC, Thermo fisher scientific, Wa ltham, MA, USA) 酶标仪 测量, 根据说明书计算出过氧化氢 (H₂O₂) 数值。 本实验测定三种抗氧化酶 的活性, 过氧化氢酶 (CAT)、超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD)。使用苏州科铭生物技术有 限公司 (中国, 苏州) 提供的试剂盒测定, 用 Microplate Reader (Multiskan FC, Thermo fisher scientific, Waltham, MA, USA) 酶标仪测量, 根据说明书计算相应抗氧化酶活性。

1.5.5 高州油茶花期花器官可溶性糖 (SP)、可溶性蛋白 (SS) 动态变化

将 6 个时期采集的雌雄蕊样品进行测定, 可溶性糖、可溶性蛋白的含量测定均采用微量法 (100 管/96 样), 使用苏州科铭生物技术有限公司 (中国, 苏州) 提供的标准试剂盒, 用 Microplate Reader (Multis kan FC, Thermo fisher scientific, Waltham, MA, USA) 酶标仪测量, 并根据说明书计算样品含量。

1.6 数据分析

采用 Microsoft Excel 2019 整理数据, 使用 SPSS 22.0 软件进行数据分析, 样品间差异显著性采用 单因素方差分析; 使用 Origin Pro 2019 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 高州油茶花期花器官形态变化

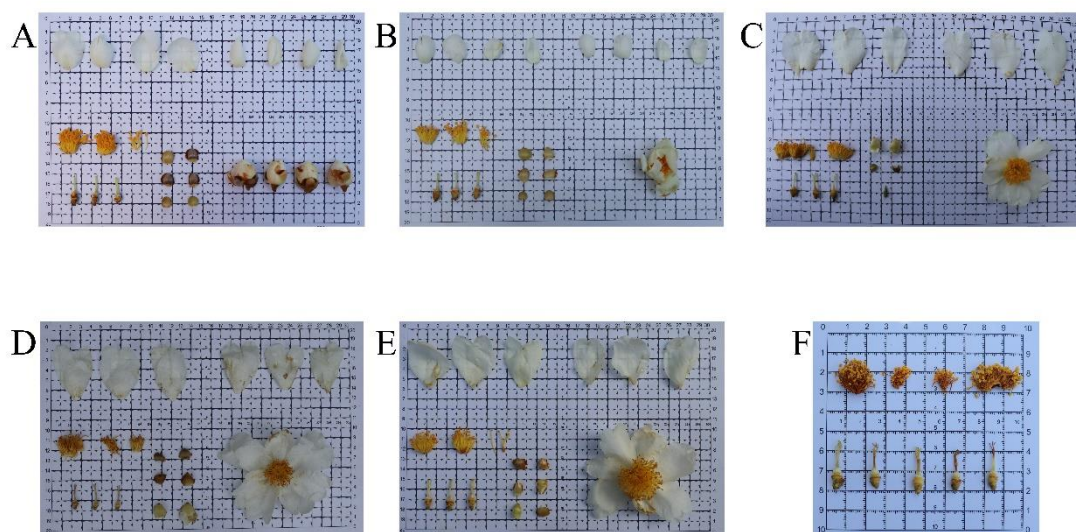


图1 高州油茶花期花器官形态变化

Fig.1 Changes in Morphology of Floral Organs during Flowering Period of *C. gauchowensis*

注：A~F 依次为开花前两天、开花当天、开花后一天、开花后两天、开花后四天、开花后六天雌雄蕊形态

Note: A~F represent the morphological changes of stamens and pistils two days before flowering, the day of flowering, one day after flowering, two days after flowering, four days after flowering, and six days after flowering, respectively.

2.2 高州油茶花期花器官单宁酶活性动态变化

由图 2 可知自然状态下高州油茶雌蕊和雄蕊单宁酶活性在开花授粉前后差异显著，不同时期同器官间单宁酶含量也存在显著差异: K (-2)、K (0)、K (1)、K (2)、K (4)、K (6)

雌蕊单宁酶始终维持较高活性，在开花前逐渐上升，在 K (1)达到峰值，随后迅速下降，并在 K (4)达到最低点。K (6)雌蕊单宁酶活性有所回升，但未恢复到开花前的水平；

雄蕊单宁酶活性较雌蕊

在 K (-2)达到高值，开花当天和开花后 1 天有所下降，随后在开花 2 天后逐渐回升，并在开花后 4 天和 6 天显著升高，达到最高水平。

K (-2) ~K (2) 雌蕊单宁酶活性显著高于雄蕊，雌蕊单宁酶活性在 K (0) 达到一个较高的水平，然后持续升高，在 K (1) 达到最高值。K (2) 开始下降，且下降幅度较为明显。K (4) 雌蕊单宁酶活性降至最低。K (6) 雌蕊单宁酶活性有所回升，但仍然低于开花前的水平。

这种趋势表明，雌蕊的值在开花前几天逐渐上升，在开花当天和开花 1 天后达到峰值，然后迅速下降，并在开花 4 天后达到最低点，之后在开花 6 天后略有回升。

这些结果表明，雌蕊和雄蕊在开花过程中的单宁酶活性变化模式存在显著差异。雌蕊在开花后单宁酶活性迅速下降，而雄蕊则在开花后单宁酶活性逐渐升高。这种差异可能与雌雄蕊在开花过程中的不同生理功能和生化反应有关，对于理解植物生理和花朵生长过程中的生化变化具有重要意义

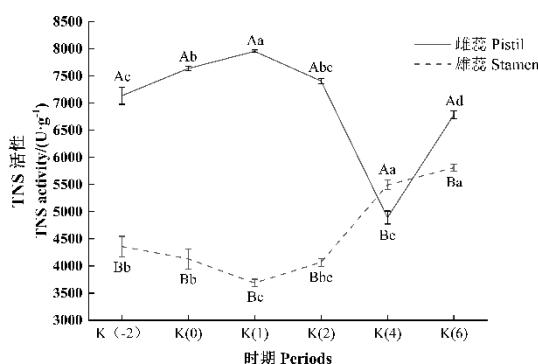


图2 高州油茶花期花器官单宁酶活性动态变化

Fig.2 Dynamic Changes in Polyphenol Oxidase Activity of Floral Organs during Flowering Period of *C. gauchowensis*

注：同行数据后不同大写字母表示相同采样时期不同花器官间差异显著 ($p < 0.05$)；同列数据后不同小写字母表示相同花器官不同采样时期间差异显著 ($p < 0.05$)，下同

Note: Different capital letters following data in the same row indicate significant differences ($p < 0.05$) between different floral organs at the same sampling period; different lowercase letters following data in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$) between different sampling periods of the same floral organ. The same as below.

2.3 高州油茶花期花器官激素含量动态变化

2.3.1 IAA 含量动态变化特征

高州油茶花期花器官 IAA 含量变化见图 A

雌蕊：在开花前 2 天 (K-(C-2))，IAA 含量平均为 $0.08 \mu\text{mol/L}$ 。开花当天 (K-C0) 显著增加至平均 $0.20 \mu\text{mol/L}$ 。开花 1 天后 (K-C1) 和开花 2 天后 (K-C2)，IAA 含量分别为平均 $0.16 \mu\text{mol/L}$ 和 $0.22 \mu\text{mol/L}$ 。开花 4 天后 (K-C4)，IAA 含量显著下降至平均 $0.10 \mu\text{mol/L}$ ，开花 6 天后 (K-C6) 略有回升至平均 $0.12 \mu\text{mol/L}$ 。

雄蕊：在开花前 2 天 (K-(X-2))，IAA 含量平均为 $0.12 \mu\text{mol/L}$ 。开花当天 (K-X0) 增加至平均 $0.15 \mu\text{mol/L}$ 。开花 1 天后 (K-X1) 和开花 2 天后 (K-X2)，IAA 含量分别为平均 $0.14 \mu\text{mol/L}$ 和 $0.15 \mu\text{mol/L}$ 。开花 4 天后 (K-X4)，IAA 含量下降至平均 $0.10 \mu\text{mol/L}$ ，但开花 6 天后 (K-X6) 显著增加至平均 $0.18 \mu\text{mol/L}$ 。

在雌蕊中，IAA 含量在开花前 2 天到开花 2 天后逐渐增加，其中开花当天的 IAA 含量最高，随后略有下降，但仍保持相对稳定的水平。相比之下，在雄蕊中，IAA 含量的变化趋势相对稳定，整体上维持在较低的水平，但在开花当天和开花 6 天后略有上升的趋势。IAA 在高州油茶开花前后雌蕊和雄蕊中的含量和变化趋势存在显著差异。

2.3.2 CTK 含量动态变化特征

高州油茶花期花器官 CTK 含量变化见图 B

雌蕊：开花前 2 天 (K-(C-2))，雌蕊中的 CTK 含量平均为 252.07 ng/g 。开花当天 (K-C0) 略有下降至平均 187.59 ng/g ，开花 1 天后 (K-C1) 稍有回升至平均 210.37 ng/g 。开花 2 天后 (K-C2) 继续下降至平均 154.36 ng/g ，但开花 4 天后 (K-C4) 显著增加至平均 303.59 ng/g ，开花 6 天后 (K-C6) 再次下降至平均 226.21 ng/g 。

雄蕊：在开花前 2 天 (K-(X-2))，雄蕊中的 CTK 含量平均为 394.99 ng/g 。开花当天 (K-X0) 增加至平均 437.64 ng/g ，开花 1 天后 (K-X1) 进一步增加至平均 453.75 ng/g 。开花 2 天后 (K-X2)，CTK 含量下降至平均 342.31 ng/g ，开花 4 天后 (K-X4) 略有回升至平均 389.33 ng/g ，开花 6 天后 (K-X6) 再次增加至平均 420.01 ng/g 。

2.3.3 GA 含量动态变化特征

高州油茶花期花器官 GA 含量变化见图 C。

雌蕊：开花前 2 天 (K-(C-2))，GA 含量平均为 0.56 nmol/g 。开花当天 (K-C0) 增加至平均 0.81 nmol/g 。

l/g, 开花 1 天后 (K-C1) 进一步增加至平均 0.82 nmol/g。开花 2 天后 (K-C2), GA 含量下降至平均 0.69 nmol/g, 开花 4 天后 (K-C4) 继续下降至平均 0.38 nmol/g, 而开花 6 天后 (K-C6) 显著回升至平均 1.04 nmol/g。

雄蕊: 开花前 2 天 (K-(X-2)), GA 含量平均为 1.14 nmol/g, 开花当天 (K-X0) 略有下降至平均 1.10 nmol/g。开花 1 天后 (K-X1), GA 含量继续下降至平均 1.01 nmol/g, 开花 2 天后 (K-X2) 略有回升至平均 1.10 nmol/g。开花 4 天后 (K-X4), GA 含量保持相对稳定, 平均为 1.07 nmol/g, 但开花 6 天后 (K-X6) 显著下降至平均 0.50 nmol/g。

2.3.4 ETH 含量动态变化特征

高州油茶花期花器官 ETH 含量变化见图 D。

雌蕊: 开花前 2 天 (K-(C-2)), ETH 含量平均为 0.44 pmol/g。开花当天 (K-C0) 略有下降至平均 0.39 pmol/g。开花 1 天后 (K-C1), ETH 含量略有回升至平均 0.42 pmol/g, 开花 2 天后 (K-C2) 进一步下降至平均 0.39 pmol/g。开花 4 天后 (K-C4), ETH 含量显著下降至平均 0.30 pmol/g, 开花 6 天后 (K-C6) 继续下降至平均 0.22 pmol/g。

雄蕊: 开花前 2 天 (K-(X-2)), ETH 含量平均为 0.33 pmol/g。开花当天 (K-X0) 保持不变, 平均为 0.33 pmol/g。开花 1 天后 (K-X1), ETH 含量略有增加至平均 0.38 pmol/g, 开花 2 天后 (K-X2) 略有下降至平均 0.35 pmol/g。开花 4 天后 (K-X4), ETH 含量保持相对稳定, 平均为 0.33 pmol/g, 但开花 6 天后 (K-X6) 下降至平均 0.26 pmol/g。

2.3.5 ABA 含量动态变化特征

高州油茶花期花器官 ABA 含量变化见图 E。整体来看, 花器官 ABA 含量呈现出“M”型变化趋势。

在雌蕊中, 开花前 2 天 (K-(C-2)) 的 ABA 含量平均为 429.03 ng/g。开花当天 (K-C0), ABA 含量显著增加至平均 719.94 ng/g, 并在开花 1 天后 (K-C1) 达到最高值, 平均为 767.76 ng/g。随后, ABA 含量在开花 2 天后 (K-C2) 下降至平均 677.37 ng/g, 开花 4 天后 (K-C4) 略有回升至平均 750.52 ng/g, 但在开花 6 天后 (K-C6) 再次显著下降至平均 463.50 ng/g。

在雄蕊中, 开花前 2 天 (K-(X-2)) 的 ABA 含量平均为 744.98 ng/g。开花当天 (K-X0), ABA 含量增加至平均 810.79 ng/g, 开花 1 天后 (K-X1) 下降至平均 720.85 ng/g。开花 2 天后 (K-X2), ABA 含量略有下降至平均 722.66 ng/g, 开花 4 天后 (K-X4) 再次增加至平均 796.30 ng/g, 但在开花 6 天后 (K-X6) 显著下降至平均 328.09 ng/g。

2.3.6 BR 含量动态变化特征

高州油茶花期花器官 BR 含量变化见图 F。

在雌蕊中, 开花前 2 天 (K-(C-2)) 的 BR 含量平均为 0.92 pmol/g。开花当天 (K-C0), BR 含量略有增加至平均 0.96 pmol/g, 并在开花 1 天后 (K-C1) 达到最高值, 平均为 1.03 pmol/g。开花 2 天后 (K-C2), BR 含量下降至平均 0.91 pmol/g, 开花 4 天后 (K-C4) 显著下降至平均 0.56 pmol/g, 而在开花 6 天后 (K-C6) 回升至平均 0.82 pmol/g。

在雄蕊中, 开花前 2 天 (K-(X-2)) 的 BR 含量平均为 0.91 pmol/g。开花当天 (K-X0), BR 含量略有增加至平均 0.94 pmol/g, 开花 1 天后 (K-X1) 保持稳定, 平均为 0.93 pmol/g。开花 2 天后 (K-X2), BR 含量略有增加至平均 0.97 pmol/g, 开花 4 天后 (K-X4) 保持稳定, 平均为 0.98 pmol/g, 但在开花 6 天后 (K-X6) 显著下降至平均 0.77 pmol/g。

2.3.7 开花授粉前后内源激素间的平衡关系

总体来看, 雌蕊和雄蕊的激素含量在开花授粉前后均发生了显著变化。雌蕊中的 ABA、IAA 和 GA 含量在开花当天达到峰值, 而 CTK 和 BR 在开花前和开花后期均呈现出波动趋势。ETH 在开花后的含量呈现下降趋势。雄蕊中的激素含量变化相对平稳, 开花当天和开花后激素水平有所波动, 但整体变化趋势与雌蕊相似。

进一步对这些激素含量的变化分析, 了解激素植物在开花过程中的生理调控机制, 为进一步研究植物生长发育提供理论基础。(增加 IAA/ABA、CTK/ABA、BR/ABA、(IAA+CTK+BR)/ABA、(IAA+CTK+B

R) /ABA 关系)

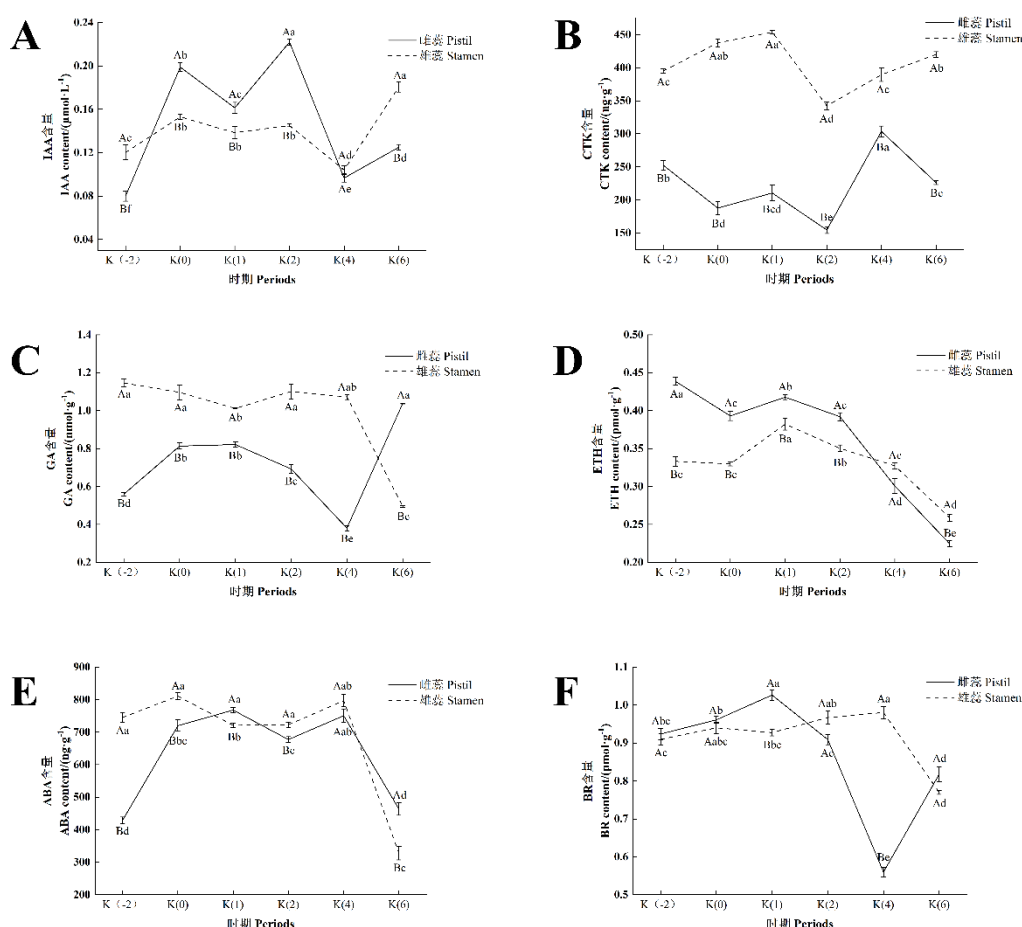


图3 高州油茶花期花器官激素含量动态变化

Fig.3 Dynamic Changes in Hormone Content of Floral Organs during Flowering Period of *C. gauchowensis*

注: A~F 依次为 IAA、CTK、GA、ETH、ABA、BR 含量。

Note: A~F represent the content of IAA, CTK, GA, ETH, ABA, and BR, respectively.

2.4 高州油茶花期花器官 ROS、H₂O₂ 含量和抗氧化酶活性动态变化

2.4.1 ROS 含量动态变化特征

活性氧簇 (ROS) 含量变化见图 A。在雄蕊中, ROS 含量在开花当天达到最高值, 随后逐渐下降。具体而言, 开花当天 (K-X0) 的 ROS 含量最高, 而在开花前 2 天 (K-(X-2)) 和开花 6 天后 (K-X6) 的 ROS 含量明显较低。相比之下, 雌蕊的 ROS 含量在开花当天同样达到了峰值, 且在开花过程中保持相对稳定的水平。这表明雄蕊和雌蕊在 ROS 含量上存在显著的差异, 可能反映了它们在植物生殖过程中不同的生物学功能和代谢需求。

通过分析开花前 2 天至开花 6 天期间雄蕊和雌蕊中 ROS 的含量, 我们发现在开花当天及其前后 ROS 水平均有所上升, 尤其在开花当天达到最高点, 随后逐渐下降。此外, 我们还观察到雄蕊和雌蕊在 ROS 含量上存在差异, 雌蕊的 ROS 含量普遍高于雄蕊。

2.4.2 H₂O₂ 含量动态变化特征

H₂O₂ 含量变化见图 A。在雄蕊中, H₂O₂ 含量在开花前 2 天到开花 2 天后波动较大, 而在开花 4 天后和开花 6 天后呈现下降趋势。具体而言, H₂O₂ 含量在开花前 2 天 (K-(X-2)) 和开花 2 天后 (K-X2) 略有增加, 而在其他时间点略有下降。相比之下, 在雌蕊中, H₂O₂ 含量在开花前 2 天到开花 4 天后呈现逐渐增加的趋势, 但在开花 6 天后略有下降。这表明 H₂O₂ 在雄蕊和雌蕊中的含量和变化趋势存在明显差异,

可能反映了它们在植物生殖过程中的不同生物学角色和代谢需求。

2.4.3 SOD 活性动态变化特征

雌蕊的 SOD 活性在开花前 2 天为 1309.02 U/g, 开花当天降至 1014.61 U/g, 开花 1 天后升至 1313.24 U/g, 开花 2 天后降至 917.05 U/g, 开花 4 天后显著上升至 1840.50 U/g, 开花 6 天后降至 1126.73 U/g。雄蕊的 SOD 活性在开花前 2 天为 2208.82 U/g, 开花当天降至 1930.86 U/g, 开花 1 天后为 2178.61 U/g, 开花 2 天后为 2173.39 U/g, 开花 4 天后为 2035.62 U/g, 开花 6 天后降至 1305.97 U/g。

2.4.4 POD 活性动态变化特征

雌蕊的 POD 活性在开花前 2 天为 2.52 U/g, 开花当天上升至 3.07 U/g, 随后逐渐下降, 开花 1 天后为 2.98 U/g, 开花 2 天后降至 2.80 U/g, 开花 4 天后为 1.94 U/g, 开花 6 天后最低, 为 1.79 U/g。雄蕊的 POD 活性在开花前 2 天为 2.86 U/g, 开花当天降至 2.53 U/g, 开花 1 天后为 2.50 U/g, 开花 2 天后上升至 3.03 U/g, 开花 4 天后为 2.61 U/g, 开花 6 天后降至 2.69 U/g。

2.4.5 CAT 活性动态变化特征

雌蕊的 CAT 活性在开花前 2 天为 1.01 U/g, 开花当天降至 0.69 U/g, 开花 1 天后回升至 0.84 U/g, 开花 2 天后为 0.81 U/g, 开花 4 天后降至 0.61 U/g, 开花 6 天后回升至 0.84 U/g。雄蕊的 CAT 活性在开花前 2 天为 0.63 U/g, 开花当天升至 0.72 U/g, 开花 1 天后为 0.68 U/g, 开花 2 天后降至 0.61 U/g, 开花 4 天后升至 0.77 U/g, 开花 6 天后降至 0.51 U/g。

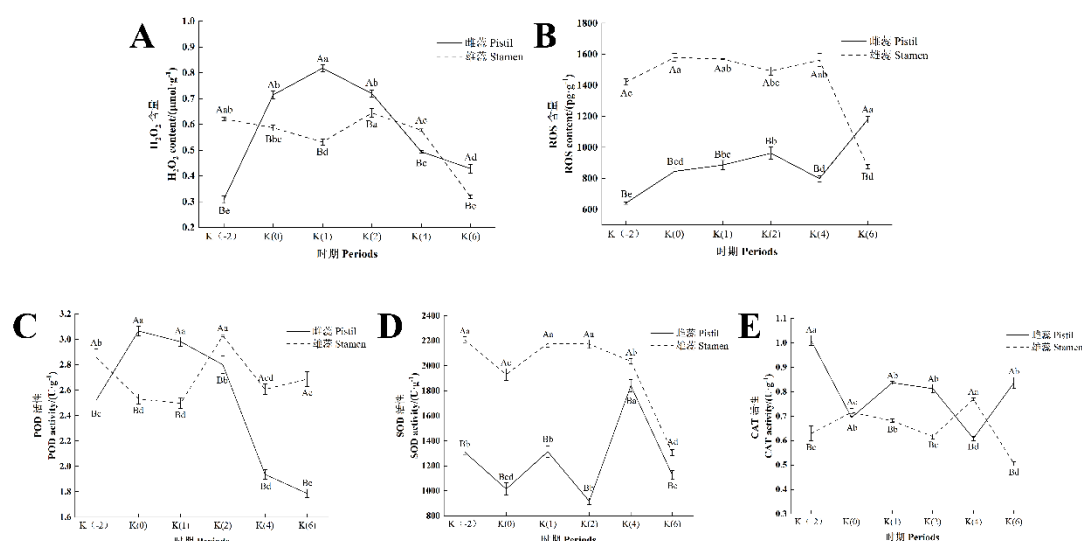


图 4 高州油茶花期花器官 ROS、H₂O₂含量和抗氧化酶活性动态变化

Fig.4 Dynamic Changes in ROS, H₂O₂ Content, and Antioxidant Enzyme Activity of Floral Organs during Flowering Period of *C. gauchowensis*

注: A~E 依次为 H₂O₂含量、ROS 含量、POD、SOD、CAT 活性。

Note: A~E represent the H₂O₂ content, ROS content, POD, SOD, and CAT activity, respectively.

2.5 高州油茶花期花器官 SP、SS 动态变化

2.5.1 SP 含量动态变化特征

SP 含量变化见图 A, 在雌蕊中, 可溶性蛋白含量在开花前 2 天达到较高水平, 为 681.31 μg/g。然而, 在开花当天, 含量显著下降至 495.16 μg/g。开花 1 天后, 雌蕊的可溶性蛋白含量略有回升, 为 548.47 μg/g, 但在开花 2 天后再次下降至 466.76 μg/g。开花 4 天后, 含量小幅回升至 532.49 μg/g。开花 6 天后, 雌蕊的可溶性蛋白含量显著增加, 达到 994.41 μg/g。

相比之下, 雄蕊的可溶性蛋白含量在花期不同时间点的变化趋势有所不同。开花前 2 天, 雄蕊的可溶

性蛋白含量为 481.86 $\mu\text{g/g}$ 。在开花当天，含量有所下降，分别为 398.21 $\mu\text{g/g}$ 。开花 1 天后，雄蕊的可溶性蛋白含量继续下降至 386.72 $\mu\text{g/g}$ 。开花 2 天后，含量稍有回升，达到 427.00 $\mu\text{g/g}$ 。开花 4 天后，雄蕊的可溶性蛋白含量进一步上升至 479.54 $\mu\text{g/g}$ 。最终，在开花 6 天后，含量显著增加，达到 662.54 $\mu\text{g/g}$ 。

综上所述，雌蕊和雄蕊在不同花期的可溶性蛋白含量表现出显著的时间动态变化。雌蕊在开花前 2 天和开花 6 天后的可溶性蛋白含量较高，而在开花当天和开花 2 天后较低。雄蕊则在开花前 2 天和开花 6 天后的可溶性蛋白含量较高，开花当天和开花 1 天后的含量较低。

2.5.2 SS 含量动态变化特征

SS 含量变化见图 B，雌蕊和雄蕊的可溶性糖含量发生了显著变化。根据实验数据分析，雌蕊的可溶性糖含量在开花前 2 天达到最高，分别为 3948.85 $\mu\text{g/g}$ 。随后在开花当天急剧下降至 1438.15 $\mu\text{g/g}$ 。此后，开花 1 天后略有回升，达到 1593.71 $\mu\text{g/g}$ ，但在开花 2 天后再次升高至 3995.71 $\mu\text{g/g}$ 。开花 4 天后，雌蕊的可溶性糖含量下降至 1622.70 $\mu\text{g/g}$ ，而开花 6 天后则上升到 3220.32 $\mu\text{g/g}$ 。

相较之下，雄蕊的可溶性糖含量呈现不同的变化趋势。开花前 2 天雄蕊的可溶性糖含量为 2221.75 $\mu\text{g/g}$ ，而在开花当天显著上升，分别为 3673.48 $\mu\text{g/g}$ 。开花 1 天后，含量下降至 2377.31 $\mu\text{g/g}$ 。开花 2 天后，雄蕊的可溶性糖含量稍有波动，达到 2469.58 $\mu\text{g/g}$ 。随后，在开花 4 天后，雄蕊的可溶性糖含量进一步下降至 2502.91 $\mu\text{g/g}$ ，最终在开花 6 天后降至 1785.02 $\mu\text{g/g}$ 。

综上所述，雌蕊和雄蕊在不同花期的可溶性糖含量变化呈现出明显的时间动态特征。雌蕊在开花前 2 天和开花 2 天后的可溶性糖含量较高，而在开花当天显著降低。雄蕊则在开花当天达到高峰，随后逐渐下降

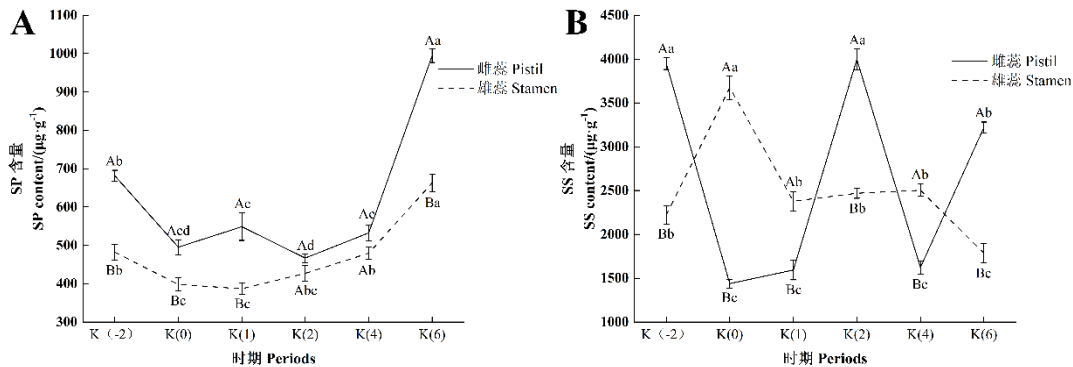


图 5 高州油茶花期花器官 SP、SS 含量动态变化

Fig.5 Dynamic Changes in Soluble Protein (SP) and Soluble Sugar (SS) Contents in Floral Organs of *C. gauchowensis* During Flowering

3 讨论

3.1

3.2

3.3

4 结论

参考文献: