

文章编号: 1674-7054(2016)01-0070-06

# 文心兰切花不同开放阶段 花被的生理生化变化

勾昕, 胡薇薇, 范亚飞, 熊兵, 石乐松, 田晓岩, 刘进平

(海南大学热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室/海南大学农学院, 海口, 570228)

**摘要:** 对文心兰切花不同开放阶段花瓣和花萼(统称花被)中的一些生理生化指标变化进行了研究。结果表明,花瓣中的细胞质膜透性在花发育前期增加较缓慢,盛前期到盛后期则急剧增加,从衰老初期到衰老期又再次升高;花萼的细胞质膜透性在花发育前期呈现下降趋势,盛后期之后持续升高。花瓣和花萼中的MDA含量在花发育前期各有起伏,但花瓣的MDA含量在衰老初期之后急剧升高,而在花萼中MDA的含量在衰老初期之后则呈明显的下降趋势。花瓣和花萼中可溶性糖含量变化相同,都是在前期缓慢增加,盛前期到衰老期缓慢下降。花瓣中可溶性蛋白总体呈下降趋势,而花萼中可溶性蛋白含量则持续上升。花瓣和花萼氨基酸含量从盛后期到衰老期逐渐降低,脯氨酸含量也自盛后期后呈下降趋势。

**关键词:** 文心兰; 花衰老; 细胞膜透性; MDA; 可溶性糖; 可溶性蛋白; 氨基酸

中图分类号: S 682.31 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2016.01.012

文心兰为兰科(Orchidaceae)文心兰属(*Oncidium*)多年生常绿丛生草本植物。原产于南美洲及北美洲南部,西印度群岛一带亦有分布,本属植物全世界原生种达750种以上,目前已在世界热带范围内广为栽培,商品种多为杂交种,是极具发展潜力的新兴热带花卉,可做切花或盆栽观赏。花朵衰老的快慢决定观赏植物花期观赏时期的长短,因此成为评价其品质好坏的1个重要指标。花朵衰老是一个受控的发育过程,可以在形态、生理、生化和分子水平上进行研究。花瓣衰老过程涉及一系列复杂的生理生化变化,如细胞质膜透性和糖、蛋白质及氨基酸含量变化。加强采后衰老研究是减少切花采后损失,延缓切花衰老进程的重要理论基础。对文心兰切花采后衰老进程中生理生化指标的研究,有助于了解开花与衰老的生理机理,对切花保鲜与贮运有重要意义,因此,在许多重要的切花品种已有充分的研究<sup>[2-4]</sup>。目前有关文心兰切花的生理变化与衰老关系的研究较少,笔者对不同花期花瓣和花萼的丙二醛(MDA)含量、细胞质膜透性、可溶性糖、蛋白质和氨基酸含量变化进行测定,探讨这些生理生化指标变化及其原因,旨在了解文心兰切花衰老机理,并为保鲜技术提供一定的理论基础。

## 1 材料与amp;方法

**1.1 材料** 本实验所用材料为文心兰南茜种(*Oncidium Gower Ramsey*)黄金2号鲜切花。在文心兰商品鲜切花同一或不同花序上选取处于不同开放阶段的花瓣和花萼,进行生理测定。根据文心兰花各器官的形态变化,将花期分为8个阶段。各个时期的特点是:花苞期(A):花苞未绽开,完全由花被包裹;花苞绽口期(B):花苞绽开1个口,不能看到唇瓣;半开放期(C):花处于半开放,见唇瓣、花萼、蕊柱、侧瓣等器

收稿日期: 2015-09-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(31560573); 2015年度海南省普通高等学校研究生创新科研课题

作者简介: 勾昕(1991-),女,海南大学农学院2010级生物技术本科生,山西大学生命科学学院2014级硕士研究生。E-mail: 493063403@qq.com

通信作者: 刘进平(1970-),男,教授。研究方向: 热带植物遗传育种研究。E-mail: liu3305602@163.com

官 花被未完全伸展开, 微微上扬, 唇瓣呈微向里合拢状, 顶萼与侧瓣紧贴一起未分离开来; 盛开前期( D ): 花处于盛开前期, 完全伸展开, 顶萼与侧瓣微微上扬, 唇瓣完全伸展开; 盛开期( E ): 花处于盛开期, 花完全开放, 各器官完全伸展; 衰老初期( F ): 花开始出现萎蔫信号, 唇瓣出现皱缩痕, 但是花梗处于绿色状; 衰老期( G ): 花唇瓣萎蔫, 出现脱水皱缩, 花梗变黄, 萼片干枯, 呈透明状, 但未从花枝上脱落; 脱落干枯期( H ): 花从花枝上脱落各器官干枯。

1.2 方法 参考蔡庆生<sup>[5]</sup>, 李合生等<sup>[6]</sup>, 张立军和樊金娟<sup>[7]</sup>, 邹琦等<sup>[8]</sup>方法。所有测定均重复 3 次, 用 Excel 求平均值和标准差。

1.2.1 丙二醛含量测定 选取属于特定阶段的花瓣和花萼, 冲洗表面, 再用蒸馏水冲洗 1~2 次, 用吸水纸吸干表面水分( 下同)。称取花瓣和花萼各 2 g, 加入少量石英砂和 10% 三氯乙酸 5 mL, 研磨至匀浆, 再加 10% 三氯乙酸 15 mL 进一步研磨, 匀浆以  $4\ 000\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 10 min, 其上清液为丙二醛提取液。测试管中加入提取液 2 mL, 然后再加入 0.6% 硫代巴比妥酸溶液 2 mL。摇匀, 混合液在沸水浴中反应 15 min, 迅速冷却后再以  $4\ 000\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 3 min。取上清液分别在 532, 600 和 450 nm 波长下测定吸光度( A ) 值, 以蒸馏水( 空白) 为对照, 计算丙二醛的含量。

1.2.2 细胞质膜透性的测定 花瓣和花萼剪成  $0.5\ \text{cm}^2$  的小块。称取 0.5 g, 加入 25 mL 蒸馏水, 常温下浸提 2 h( 经常摇动, 以有利电解质外渗), 以蒸馏水( 空白) 为对照, 然后用电导仪测定电导率, 计算电解质的相对外渗率( % ), 作为细胞质膜透性值。

1.2.3 可溶性糖含量的测定 称取 0.1 g 花瓣和花萼后剪碎, 放入带有标号的试管中, 再用塑料薄膜密封试管口, 于沸水浴中提取 30 min, 提取 2 次, 最后将提取液过滤到标记好的 25 mL 的容量瓶中( 反复漂洗试管及残渣), 用蒸馏水定容至刻度线。取样品液 0.5 mL 放入试管中, 然后加入 1.5 mL 蒸馏水和新配置的 9% 苯酚溶液 1 mL, 摇匀。10 s 后加入 5 mL 浓硫酸, 室温下静置 30 min 后, 用分光光度计在 485 nm 波长下测定吸光度。以蒸馏水( 空白) 为对照, 重复 3 次。利用预先获得的标准曲线, 计算可溶性糖含量。

1.2.4 可溶性蛋白含量的测定 称取新鲜花瓣和花萼样品 0.25 g, 用  $0.1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  磷酸缓冲液( pH7.0) 0.25 mL 研磨成匀浆后,  $10\ 000\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 10 min, 取上清液 1.0 mL 于试管中。用  $0.1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  pH7.0 磷酸缓冲液适当稀释后, 用紫外分光光度计分别在 280 nm 和 260 nm 波长下读取吸光度, 以 pH7.0 磷酸缓冲液为空白对照调零, 根据公式结果计算蛋白质浓度。

1.2.5 氨基酸含量的测定 花瓣和花萼剪碎称取 0.5 g 于研钵中加入 10% 乙酸 5 mL 研磨匀浆, 用蒸馏水稀释至 100 mL。混匀, 并用干滤纸过滤到三角瓶中备用。吸取样品滤液 1.0 mL, 放入 20 mL 干燥试管中, 加无氨蒸馏水 1.0 mL, 水合茚三酮 3.0 mL, 抗坏血酸 0.1 mL。混匀, 盖上大小合适的玻璃球, 置  $80\ ^\circ\text{C}$  中加热 20 min, 取出后用冷水迅速冷却并不时摇匀, 使加热时形成的红色被空气逐渐氧化而褪去, 进而呈现蓝紫色时, 用 60% 乙醇定容至 20 mL。混匀后在 570 nm 波长下读取吸光度。根据样品吸光度在标准曲线上查得含氮量, 并计算样品中氨基态氮的含量。

1.2.6 脯氨酸含量的测定 花瓣和花萼剪碎称取 0.5 g, 置于大试管中, 加入 3% 磺基水杨酸 5 mL, 管口加盖玻璃塞, 于沸水浴中提 10 min, 提取过程中要经常摇动, 冷却后过滤于干净的试管中, 滤液即为脯氨酸的提取液。吸取 2 mL 提取液于干净的带玻塞试管中, 加入 2 mL 冰醋酸及 2 mL 酸性茚三酮试剂, 在沸水浴中加热 30 min, 溶液即呈红色。冷却后加入 3 mL 甲苯, 充分振荡 30 s, 静置待分层后吸取上层脯氨酸甲苯溶液, 在 520 nm 下比色, 求得吸光度值。根据脯氨酸标准曲线计算样品脯氨酸含量。

## 2 结果与分析

2.1 花瓣和花萼细胞质膜透性的变化 用相对电导率表示细胞质膜透性, 由图 1 可以看出, 从花苞绽口期( B ) 到盛开前期( D ), 花瓣中的细胞质膜透性增加较为缓慢, 而盛开前期( D ) 到盛开期( E ) 则急剧增加, 达到最大峰值 59.428%, 之后又急剧下降, 从衰老初期( F ) 到衰老期( G ) 的细胞质膜透性又开始升高到 24.125 7%; 而花萼的细胞质膜透性的变化没有花瓣的剧烈, 前期呈现下降趋势, 在盛开期( E ) 达到最小

值 1.948% ,之后细胞质膜透性持续升高 在衰老期( G )达到最大值 32.597 6%。由此可见 ,花瓣和花萼的细胞质膜透性变化在盛开期( E )达到极值 ,之后分别显著下降和略微上升;衰老初期( F )之后则同时上升。

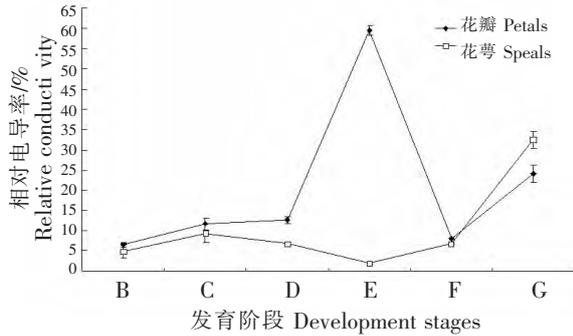


图 1 文心兰发育和衰老过程中花萼与花瓣的相对电导率变化  
Fig. 1 Changes in relative conductivity of petals and sepals during the development and senescence of *Oncidium* cut flowers

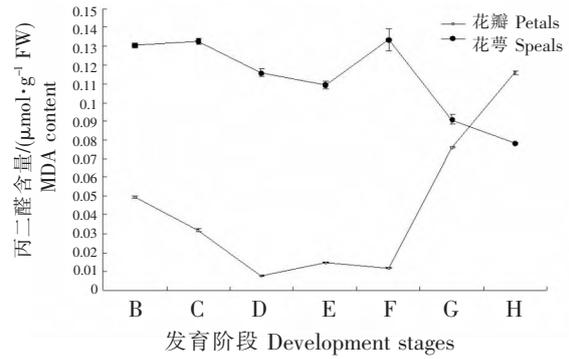


图 2 文心兰发育和衰老过程中花萼与花瓣的 MDA 含量变化  
Fig. 2 Changes in MDA content of petals and sepals during the development and senescence of *Oncidium* cut flowers

2.2 花瓣和花萼丙二醛含量的变化 由图 2 可见 ,从花苞绽口期( B )到盛开前期( D ) ,花瓣中的 MDA 含量呈现下降趋势( 图 2 ) ,在盛开前期( D )达到最小值 0.007 435  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ ;之后从盛开前期( D )到盛开期( E )有小幅的升高 ,从盛开期( E )到衰老初期( F )有小幅的下降 ,之后一路升高 ,在脱落干枯期( H )达到最大值 ,即 MDA 的含量达 0.115 96  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$  ,较盛开前期( D )的 MDA 含量 ,上升了 0.108 527  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$  ,达 15.60 倍。而在花萼中 ,前期 MDA 的含量比较稳定 ,花苞绽口期( B )到盛开期( E )呈现下降趋势 ,从盛开期( E )到衰老初期( F ) MDA 含量升高 ,最大值为 0.133 429  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$  ,之后呈明显的下降趋势 ,在脱落干枯期( H )达到最小值 0.078 209  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$  ,脱落干枯期( H ) MDA 的含量相较衰老初期( F )下降了 0.055 22  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$  ,后者是前者 1.72 倍。花瓣和花萼的 MDA 含量在衰老初期( F )之后变化趋势正好相反 ,前者上升而后者下降。

2.3 花瓣和花萼可溶性糖含量的变化 由图 3 可见 ,花瓣和花萼中可溶性糖含量变化相同 ,都是在前期缓慢上升 ,到盛开前期( D )分别达到鲜质量的 0.027 9%和 0.041 78%。之后 ,盛开前期( D )到衰老期( G )缓慢下降 ,下降到 0.018 1%和 0.024 6% ,然后剧烈上升 ,到脱落干枯期( H )达到最高值 ,分别为 0.054 0%和 0.062 6%。

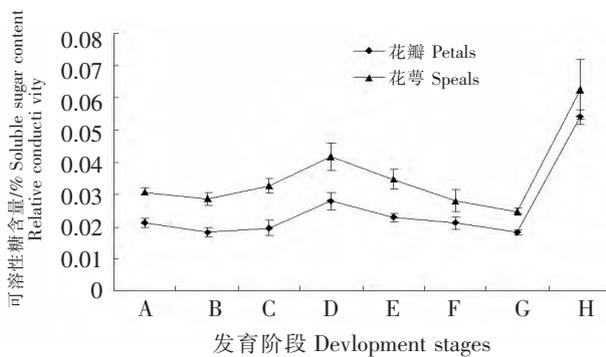


图 3 文心兰发育和衰老过程中花萼与花瓣的可溶性糖含量变化  
Fig. 3 Changes in soluble sugar content of petals and sepals during the development and senescence of *Oncidium* cut flowers

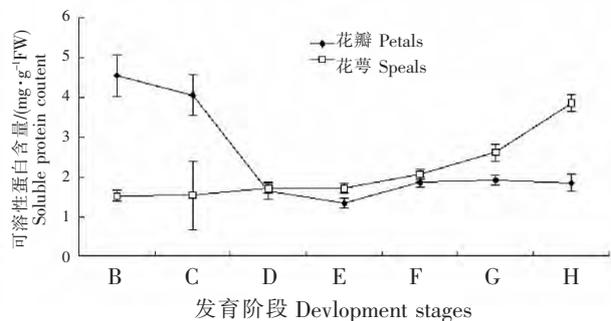


图 4 文心兰发育和衰老过程中花萼与花瓣的可溶性蛋白质含量变化  
Fig. 4 Changes in soluble protein content of petals and sepals during the development and senescence of *Oncidium* cut flowers

2.4 花瓣和花萼可溶性蛋白含量的变化 由图 4 可见 ,文心兰花瓣中可溶性蛋白呈现先迅速下降后缓慢上升的趋势( 图 1 2 )。从花苞绽口期( B )的 4.541 0  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  FW 下降盛开期( E )的最低值 1.333 1  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  FW ,然后又上升到衰老期( G )的 1.913 6  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  FW ,到脱落干枯期( H )时又略有降低。从总体上看 ,花

瓣中可溶性蛋白是呈下降的。花萼中可溶性蛋白含量则呈现持续上升趋势,由花苞绽口期(B)的  $1.5164 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$  缓慢上升到  $3.8504 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 。

2.5 花瓣和花萼氨基酸含量的变化 由图 5 可见,在文心兰切花衰老过程中,花瓣和花萼氨基酸含量呈现出较为一致的变化。从花苞绽口期(B)开始上升,到盛开期(E)时达到最大峰值,分别为  $134.834$  和  $104.063 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,然后逐渐降低,至衰老期(G)低点(分别为  $99.795$  和  $78.032 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ )后又开始上幅上扬,脱落干枯期(H)略有增加。脱落干枯期增加与花器官失水导致鲜质量下降有关。

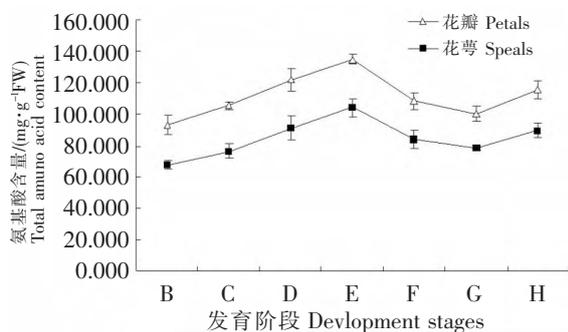


图 5 文心兰发育和衰老过程中花萼与花瓣的总氨基酸含量变化

Fig. 5 Changes in total amino acid content of petals and sepals during the development and senescence of *Oncidium* cut flowers

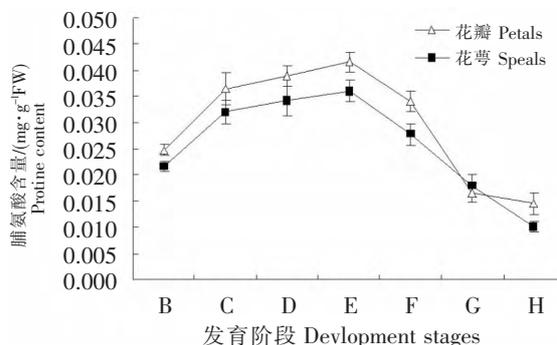


图 6 文心兰发育和衰老过程中花萼与花瓣的脯氨酸含量变化

Fig. 6 Changes in proline content of petals and sepals during the development and senescence of *Oncidium* cut flowers

2.6 花瓣和花萼脯氨酸含量的变化 由图 6 可知,文心兰切花发育和衰老过程中花瓣和花萼的脯氨酸含量变化趋势较为一致。花苞绽口期(B)到盛开期(E)呈逐渐上升状态,盛开期(E)达峰值,分别达到  $0.042$  和  $0.036 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,之后呈下降趋势,至脱落干枯期(H)降到最低,分别为  $0.014$  和  $0.010 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 。

#### 4 讨论

对文心兰切花不同开放阶段花瓣和花萼生理生化进行研究,有助于获得切花发育和衰老不同阶段的生理生化表征,从生理生化角度理解文心兰切花衰老机理,为生产上制定有效的采后保鲜措施提供一定的依据。

当植物器官衰老时,氧化胁迫会破坏细胞膜结构,选择透性减弱,膜内大量溶质外渗,植物浸出液的电导率增加,因此,质膜相对透性是表示质膜完整性的指标和细胞死亡的标记<sup>[9-11]</sup>。而丙二醛(MDA)是由于自由基反应使脂质过氧化的一种自然产物,它可与脂质、核酸、葡萄糖和蛋白质反应。当植物处于衰老和胁迫时,细胞内会有MDA累积,与膜结构上的蛋白质和酶结合、交联而使之失去活性,进一步损伤膜结构<sup>[12]</sup>。许多物种的花在衰老过程中细胞膜透性增加,如玫瑰、萱草、康乃馨、鸢尾和矮牵牛<sup>[13-17]</sup>。沈漫<sup>[18]</sup>在地被菊开花过程中发现,随着花朵的逐渐衰败,花瓣组织中的MDA和细胞膜相对透性增加;从初花期至盛花期,缓慢增高,盛花期后则迅速增加。刘雅莉<sup>[19]</sup>研究了百合花不同发育期的生理变化与衰老关系,发现在百合花不同发育时期,MDA含量和细胞膜透性呈增加趋势。何开跃等<sup>[20]</sup>的研究表明,矮牵牛叶片的MDA含量随着植物开花过程的延续而升高,且在开花时MDA含量达到最大。笔者对文心兰的研究结果表明,细胞膜相对透性和MDA含量呈现较复杂的变化态势:花瓣中的细胞膜相对透性在花发育前期缓慢增加,盛开前期到盛开期则急剧增加,之后又急剧下降,从衰老初期到衰老期的细胞膜相对透性又再次升高,而花萼的细胞膜相对透性盛开期之后持续升高;花瓣和花萼中的MDA含量在花发育前期各有起伏,但花瓣的MDA含量在衰老初期之后急剧升高,而在花萼中MDA的含量在衰老初期之后则呈明显的下降趋势。

花衰老过程中,花瓣中的蛋白质、氨基酸和碳水化合物含量呈现下降趋势<sup>[2]</sup>。番薯(*Ipomoea*)、矮牵牛和香石竹衰老症状出现之前,花瓣中的蛋白水平下降<sup>[2, 21-22]</sup>。而百合花不同发育期可溶性蛋白质随花朵的发育逐渐减少<sup>[19]</sup>。地被菊在花的发育和衰老过程中可溶性蛋白含量呈下降的趋势,表明衰老时蛋白

质水解作用明显加强<sup>[18]</sup>。朱诚和曾广文<sup>[23]</sup>的实验结果表明,桂花花衰老过程中可溶性蛋白质含量在盛花期达到最大值,随着花瓣的衰老呈下降趋势,他们认为盛开到衰老期间花瓣可溶性蛋白质的下降与蛋白水解酶活性的上升密切相关。紫茉莉花也呈现同样的变化趋势<sup>[24]</sup>。王支槐<sup>[25]</sup>发现,蜡梅花内总氨基酸和可溶性蛋白质的含量随中蕾的发育逐渐增加,花刚开时达最高,花盛开时蛋白质含量开始降低,而氨基酸含量却继续增加,花盛开时达最高,开始萎蔫时氨基酸含量逐渐降低,但仍保持较高水平。东方铁筷子(*Helleborus orientalis*)花朵的蛋白质则随花衰老而丢失,氨基酸在花衰老的最后阶段也降低。可溶性碳水化合物含量在从花蕾到完全开花过程中呈增加趋势,之后的衰老过程中则呈下降趋势<sup>[26]</sup>。青花菜菜球衰老进程还原糖和总糖含量迅速下降<sup>[27]</sup>。花的成熟和衰老过程中伴随可溶性碳水化合物含量降低还有康乃馨、萱草、鸢尾和玫瑰<sup>[28-34]</sup>。文心兰花瓣中可溶性蛋白总体呈下降趋势,而花萼中可溶性蛋白含量则持续上升。花瓣和花萼氨基酸含量从盛开期到衰老期逐渐降低,脯氨酸含量也自盛开期后呈下降趋势。文心兰切花发育和衰老过程中花瓣和花萼可溶性糖含量的变化趋势相同,即前期缓慢上升,盛开前期到衰老期缓慢下降,脱落干枯期则因花器官失水导致鲜质量下降而使可溶性糖含量有所增加。

花在衰老过程中整体蛋白水平下降可能是由于合成减少以及降解增加<sup>[2]</sup>。花瓣衰老过程中蛋白质含量降低,可能与花器官衰老过程中库(sink)向源(source)转换有关,在花衰老后期,花瓣由库转变为源,蛋白质降解产物输出花器官,从而导致蛋白水平下降<sup>[26]</sup>。碳水化合物总含量下降是切花采后衰老过程中重要的生理现象,这种现象表明在衰老细胞中糖代谢是活跃的,因为许多碳骨架由大分子转化为小分子主要作为蔗糖输出花瓣<sup>[2]</sup>。另据叶陈亮和陈伟<sup>[27]</sup>的研究,糖分的减少主要与组织的呼吸作用相关。需要注意的是,花瓣在衰老过程中可能既有物质分解,也有物质合成<sup>[2]</sup>。如抑制翻译或转录化合物处理可延迟花瓣衰老的明显症状,表明蛋白质合成是必需的<sup>[35]</sup>。还有研究表明,衰老细胞中特异氨基酸大量合成,且这些氨基酸在韧皮部累积,如番薯花瓣从花朵开放到花瓣萎蔫期间,韧皮部渗出液中的氨基酸增加了4倍<sup>[2]</sup>。青花菜菜球衰老进程蛋白质含量迅速下降,但游离氨基酸迅速增加<sup>[27]</sup>。文心兰切花发育和衰老过程中花瓣中可溶性蛋白呈现先迅速下降,盛开期后缓慢上升的趋势,而氨基酸、脯氨酸和可溶性糖含量前期缓慢上升,盛开期到衰老期缓慢下降,表明花瓣在衰老过程中存在蛋白质合成超过降解,而糖分减少可能与输出和呼吸消耗有关。

## 参考文献:

- [1] 刘晓荣,王碧青,朱根发. 文心兰研究进展[J]. 亚热带植物科学, 2007, 36(3): 85-90.
- [2] Van Doorn W G, Woltering E J. Physiology and molecular biology of petal senescence[J]. Journal of Experimental Botany, 2008, 59(3): 453-480.
- [3] 王凤兰,张昭其. 切花花瓣衰老机理研究进展[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(5): 1063-1068.
- [4] 田煦,熊兴耀,尹邦奇. 鲜切花衰老机理及保鲜技术研究进展[J]. 湖南农业大学学报, 1995, 21(4): 414-419.
- [5] 蔡庆生. 植物生理学实验[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2013: 174-179.
- [6] 李合生,孙群,赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 192-260.
- [7] 张立军,樊金娟. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 62-96.
- [8] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 59-97.
- [9] Shahri W, Tahir I. Flower senescence - strategies and some associated events[J]. Bot Rev, 2011, 77: 152-184.
- [10] Faragher J D, Wachtel E, Mayak S. Changes in the physical state of membrane lipids during senescence of rose petals[J]. Plant Physiol, 1987, 83: 1037-1042.
- [11] Bielecki R L, Reid M S. Physiological changes accompanying senescence in the ephemeral daylily flower[J]. Plant Physiol, 1992, 98: 1042-1049.
- [12] Jiang J, Zhuang J Y, Fan Y Y, et al. Mapping of QTLs for leaf malondialdehyde content associated with stress tolerance in rice[J]. Rice Science, 2009, 16(1): 72-74.
- [13] Borochoy A, Woodson W R. Physiology and biochemistry of flower petal senescence[J]. Hort Rev, 1989, 11: 15-43.
- [14] Stead A D, Van Doorn W G. Strategies of flower senescence—a review[M]//Scott R J, Stead A D. Molecular and cellular aspects of plant reproduction. Cambridge: Cambridge University Press, 1994: 215-238.
- [15] Celikel F G, Van Doorn W G. Solute leakage, lipid peroxidation and protein degradation during senescence of Iris tepals[J]. Physiol Plant, 1995, 94: 515-521.

- [16] Van Doorn W G. Is petal senescence due to sugar starvation [J]. *Plant Physiol*, 2004, 134: 35–42.
- [17] Gulzar S, Amin I, Tahir I, et al. Effect of cytokinins on the senescence and longevity of isolated flowers of daylily ( *Hemerocallis fulva*) cv. Royal crown sprayed with cycloheximide [J]. *Acta Hort*, 2005, 669: 395–403.
- [18] 沈漫, 高遐虹, 程继鸿, 等. 地被菊开花过程中生理生化变化的初步研究 [G]. 中国园艺学会. 园艺学进展(第七辑), 2006: 610–614.
- [19] 刘雅莉, 王飞, 张恩让, 等. 百合花不同发育期生理变化与衰老关系的研究 [J]. 西北农业大学学报 2000 28(1): 109–112.
- [20] 何开跃, 谢寅峰, 李鹏飞, 等. 矮牵牛花期一些生理指标的变化. *植物资源与环境学报* 2002, 11(4): 29–32.
- [21] Jones M L, Chaffin G S, Eason J R, et al. Ethylene-sensitivity regulates proteolytic activity and cysteine protease gene expression in *Petunia corollas* [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2005, 56: 2733–2744.
- [22] 姜微波, Mayak S, Halevy A H. 香石竹花衰老过程中的蛋白质降解 [J]. *园艺学报*, 1997, 24(4): 369–372.
- [23] 朱诚, 曾广文. 桂花花衰老过程中的某些生理生化变化 [J]. *园艺学报* 2000 27(5): 356–360.
- [24] 李宪章, 侯建忠, 邵莉楣, 等. 紫茉莉花衰败过程中的生理生化及细胞学变化 [J]. *植物学报*, 1994, 36(2): 116–122.
- [25] 王支槐. 蜡梅花开花和衰老过程中的生理生化变化 [J]. *北京林业大学学报*, 1995, 17(增刊 1): 118–122.
- [26] Shahri W, Tahir I, Islam S T, et al. Physiological and biochemical changes associated with flower development and senescence in so far unexplored *Helleborus orientalis* Lam. cv. Olympicus [J]. *Physiol Mol Biol Plants*, 2011, 17(1): 33–39.
- [27] 叶陈亮, 陈伟. 青花菜菜球衰老进程中呼吸及某些物质代谢的变化 [J]. *园艺学报*, 1995, 22(4): 367–371.
- [28] Nichols R. Senescence of cut carnation flower: respiration and sugar status [J]. *J Hort Sci*, 1973, 48: 111–121.
- [29] Paulin A, Jamain C. Development of flowers and changes in various sugars during opening of cut carnations [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1982, 107: 258–261.
- [30] Lukaszewski T A, Reid M S. Bulb type flower senescence [J]. *Acta Hort*, 1989, 261: 59–62.
- [31] Lay-Yee M, Stead A D, Reid M S. Flower senescence in daylily (*Hemerocallis*) [J]. *Physiol Plant*, 1992, 86: 308–314.
- [32] Beileski R L. Fructan hydrolysis drives petal expansion in the ephemeral daylily flower [J]. *Plant Physiol*, 1993, 103: 213–219.
- [33] Mwangi M, Chatterjee S R, Bhattacharjee S K. Changes in the biochemical constituents of “Golden gate” cut rose petals as affected by precooling with ice cold water spray, pulsing and packaging [J]. *J Plant Biol*, 2003, 30: 95–97.
- [34] Reid M S. Flower development: from bud to bloom [J]. *Acta Hort*, 2005, 669: 105–107.
- [35] Xu X, Gookin T, Jiang C, et al. Genes associated with opening and senescence of the ephemeral flowers of *Mirabilis jalapa* [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2007, 58: 2193–2201.

## Physiological and Biochemical Changes in Perianths of *Oncidium* Cut Flowers at Different Opening Stages

GOU Xin, HU Weiwei, FAN Yafei, XIONG Bing, SHI Lesong, TIAN Xiaoyan, LIU Jinping  
(Ministry of Education Key Laboratory of Protection and Development Utilization of Tropical Crop Germplasm Resources,  
College of Agronomy, Hainan University, Haikou, Hainan Province 570228, China)

**Abstract:** The physiological and biochemical changes in perianths (petals and sepals) of *Oncidium* cut flowers at different opening stages were observed. The observations showed that the cell membrane permeability of petals increased slowly at the early stages of flower development, increased rapidly from pre-blooming stage to blooming stage and increased again after the initial stage of senescence. The malondialdehyde (MDA) contents of petals and sepals fluctuated at the early stages of flower development, but after the initial stage of senescence the MDA content increased dramatically in the petals but declined obviously in the sepals. The petals and sepals showed similar change of soluble sugar content, which increased slowly at the early stages of flower development and decreased slowly from the pre-blooming stage to the blooming stage. The soluble protein decreased generally in the petals but rose continuously in the sepals. Amino acid contents in the petals and sepals were gradually declined from the blooming stage to the senescing stage, and their proline contents also decreased after the blooming stage.

**Keywords:** *Oncidium*; flower senescence; cell membrane permeability; malondialdehyde; soluble sugar; soluble protein; amino acid