

# 瓷玫瑰切花瓶插期间观赏品质和生理变化

李 雯<sup>1,2</sup>, 李绍朋<sup>3</sup>, 李东海<sup>1</sup>, 吴福川<sup>1</sup>, 田 波<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院西双版纳热带植物园, 热带植物资源可持续利用重点实验室, 云南勐腊 666303; <sup>2</sup>中国科学院大学, 北京 100049; <sup>3</sup>滇西应用技术大学普洱茶学院, 云南普洱 671006)

**摘 要:** 为探究瓷玫瑰 (*Etlingera elatior*) 不同花期切花在瓶插期间的观赏品质和生理变化规律, 本研究以开花期瓷玫瑰为试材, 系统观测其开花物候及不同花期切花瓶插过程的形态变化, 明确瓶插寿命、凋萎时间、最大花径和花高等形态指标, 阐明鲜质量变化与其观赏品质的关系; 同时测定盛花期切花瓶插过程中生理指标及抗氧化酶活性, 揭示其生理生化动态变化。结果表明: 瓷玫瑰的不同花期持续时间存在差异, 花蕾期花期天数显著高于其他花期; 花蕾期和初开期切花瓶插寿命较长但观赏价值低, 盛花期切花观赏价值最高, 但瓶插寿命仅约 6 d; 盛花期切花瓶插期间, 渗透调节物质可溶性蛋白 (SP)、丙二醛 (MDA) 和脯氨酸 (Pro) 含量上升, 超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化物酶 (POD) 活性显著下降, 而谷胱甘肽还原酶 (GR) 和抗坏血酸过氧化物酶 (APX) 活性显著增高。综上, 盛花期切花观赏品质最高, 其瓶插寿命较短可能与氧化应激加剧、细胞膜损伤加重及抗氧化酶系统失衡密切相关。

**关键词:** 瓷玫瑰; 切花; 瓶插寿命; 形态观察; 生理指标; 抗氧化活性

**中图分类号:** S 682.19

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2025) 06-1633-11

## Changes in Ornamental Quality and Physiological Substances of Cut *Etlingera elatior* Flowers During the Vase Period

LI Wen<sup>1,2</sup>, LI Shaopeng<sup>3</sup>, LI Donghai<sup>1</sup>, WU Fuchuan<sup>1</sup>, and TIAN Bo<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory of Tropical Plant Resources and Sustainable Use, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China; <sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; <sup>3</sup>West Yunnan University of Applied Sciences, Pu'er Tea College, Pu'er, Yunnan 671006, China)

**Abstract:** To investigate the ornamental quality and physiological changes of cut *Etlingera elatior* flowers at different flowering stages during the vase period, this study systematically observed flowering phenology and morphological variations using cut flowers at different stages. Key morphological parameters including vase life, wilting time, maximum flower diameter, and flower height were recorded, and the relationship between fresh weight changes and ornamental quality was explained. Concurrently, physiological indices and antioxidant enzyme activities were measured in cut flowers at the full-bloom stage during the vase period to reveal their dynamic biochemical changes. Results demonstrated significant variations in duration among different flowering stages, with the bud stage exhibiting a statistically longer duration compared to other phases. Cut flowers harvested at the budding and initial blooming stages

收稿日期: 2025-02-20; 修回日期: 2025-03-18

基金项目: 云南省中青年学术和技术带头人后备人才项目 (202105AC160083)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: tianbo@xtbg.ac.cn)

exhibited a longer vase life but lower ornamental value, whereas those at the full bloom stage, despite their high ornamental value, had a vase life of only about 6 days. Physiological analyses of full-bloom flowers showed progressively increased levels of soluble protein (SP), malondialdehyde (MDA), and proline (Pro), coupled with declines in superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) activities. Conversely, glutathione reductase (GR) and ascorbate peroxidase (APX) activities initially increased before eventual reduction. These findings suggest that although full-bloom stage cut flowers possess peak ornamental value, their shortened vase life may be closely correlated with oxidative stress exacerbation, aggravated cell membrane damage, and imbalanced antioxidant enzyme systems.

**Keywords:** *Etlingera elatior*; cut flowers; vase life; morphological observation; physiological indicators; antioxidant activity

瓷玫瑰 (*Etlingera elatior*) 是姜科茴香砂仁属多年生草本宿根植物, 原产于马来西亚和印度尼西亚 (Choon & Ding, 2016)。中国广东、福建、台湾和云南等省都有引种栽培, 尤其西双版纳种植较多 (杨建华, 1998)。现有浅粉、深红和白 3 种颜色的品种, 其中白色和深红色变种较为罕见。品种、栽培管理状况和季节不同, 花枝表型也有差异 (Araújo et al., 2018)。目前, 瓷玫瑰广泛用于园林绿化和大型盆栽 (吴展奎和杨清, 2007; Juwita et al., 2018; Oktavia et al., 2019)。瓷玫瑰作为一种新型的名优切花, 市场前景广阔, 潜在经济价值极高, 然而其切花寿命较短, 大大限制了其利用。

观赏植物的开花期是构成其观赏价值的重要内容之一。瓶插寿命、鲜质量和花径等是评价切花观赏价值的重要参数, 延长观赏期和确保瓶插品质一直是切花保鲜研究的重要方向。维持切花瓶插品质与调控植物代谢及延缓衰老密切相关 (Nogueira et al., 2023)。可溶性蛋白 (SP) 和脯氨酸 (Pro) 是重要的渗透调节物质和信号分子, 其含量可以反映植物对非生物胁迫的适应能力, 对植物的抗逆起重要作用 (王晓宇 等, 2018; 于莹莹 等, 2024)。丙二醛 (MDA) 是生物膜中膜脂过氧化分解的最终产物之一, 在生物体衰老或逆境胁迫时含量显著增加, 是花器官迅速衰老的标志之一 (徐丽萍 等, 2019; 任秋萍 等, 2023)。超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD)、谷胱甘肽还原酶 (GR) 和抗坏血酸过氧化物酶 (APX) 等在抗氧化过程中发挥重要作用, 它们能够催化过氧化物的分解, 维持活性氧系统平衡 (Wada et al., 1998; 常玉珍 等, 2021; Li et al., 2024)。已有研究表明不同类型的切花在瓶插期间的酶活和渗透调节会发生变化, 菊花 (*Chrysanthemum morifolium*) (王玲玲 等, 2023)、牡丹 (*Paeonia suffruticosa*) (王凯轩 等, 2020)、芍药 (*Paeonia lactiflora*) (陈国伟 等, 2021)、百合 (*Lilium lancifolium*) 和玫瑰 (*Rosa rugosa*) (Zeng et al., 2023) 等切花均有此现象。目前瓷玫瑰切花瓶插时间和保鲜品质等方面的研究较少, 瓶插期间的形态和生理变化尚不清楚。

以不同花期的瓷玫瑰为对象, 研究花期长度及切花瓶插期间的形态变化、凋萎情况、酶活性及渗透调节的差异, 以期揭示瓷玫瑰的衰老机制, 为延长花期、减缓衰老并提升观赏价值提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 取材及处理

试验于 2023 年 11 月—2024 年 3 月在中国科学院西双版纳热带植物园热带植物资源可持续利用

重点实验室进行。

以中国科学院西双版纳热带植物园苗圃内生长健壮、无病虫害的瓷玫瑰植株为花期观测对象；以从中国科学院西双版纳热带植物园和云南省西双版纳傣族自治州勐腊县勐仑田野制胶厂林下瓷玫瑰种植基地采集的切花为瓶插品质观测对象，所采切花为粉红色（无确定品种名），按花蕾期、初开期、盛花期、凋萎期（表 1、图 1）分类，每时期随机选取形态均一、无机械损伤的花枝 5 枝。采收后 1 h 内将花枝运回实验室并重新修剪基部，调整花茎长度至 50 cm，瓶插于蒸馏水中，放置在温度 25 ℃、相对湿度 60%~80%的通风透光室，每隔 2 d 换 1 次蒸馏水。

以盛花期 1 瓷玫瑰切花为对象探究生理变化，将其瓶插于蒸馏水后置于 28~30 ℃、相对湿度为 75%~80%的人工气候室中，分别收集瓶插 0、4、7 和 10 d 的花苞片，液氮速冻后 -85 ℃贮存备用。

表 1 瓷玫瑰的花期评定描述  
Table 1 Florescence discription of *Etilingera elatior*

|                               |                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 花期<br>Florescence             | 形态描述<br>Morphological description                                                                                                                                                  |
| 花蕾期<br>Budding stage          | 花芽冒出到第一片苞片打开之前<br>Flower buds emerge just before the first bract opens                                                                                                             |
| 初开期<br>Initial blooming stage | 花苞片逐一打开，第一片花苞片打开至花球半露出之前<br>Open the bracts one by one, opening the first bract until the flower ball is half exposed                                                              |
| 盛花期<br>Full bloom stage       | 花苞片向外展开多层，呈轮状排列，花球逐渐完全露出，花完全打开<br>The bracts spread out in multiple layers, arranged in a wheel, and the flower balls are gradually fully exposed and the flowers are fully opened |
| 凋萎期<br>Wilting stage          | 外围花苞片和花球大多数萎蔫失水，直至完全干枯，花死亡<br>The peripheral bracts and flower balls mostly wilted and dehydrated, until they dry out completely and the flowers die                               |

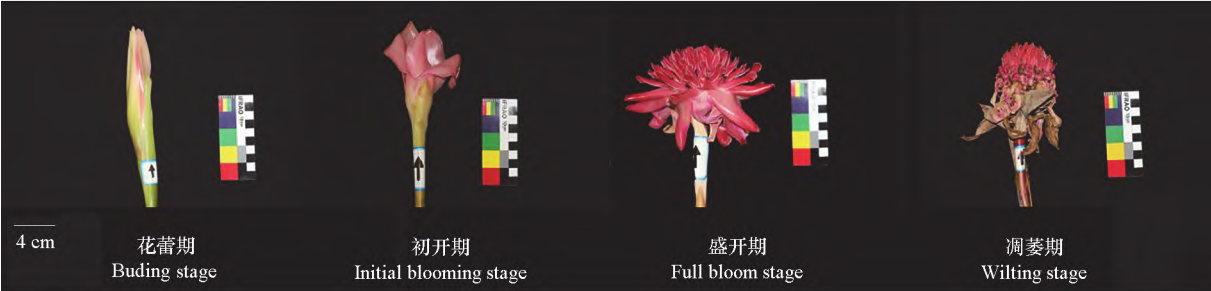


图 1 不同花期瓷玫瑰花部形态  
色卡长 10 cm，宽 4 cm。下同  
Fig. 1 Morphology of *Etilingera elatior* at different florescence  
The color card is 10 cm long and 4 cm wide. The same below

1.2 花期观测

采用完全随机抽样法，对每个瓷玫瑰植株标记唯一编号，每 7 d 观察瓷玫瑰的生长与发育状况，观测期涵盖了瓷玫瑰的完整生长周期。

1.3 切花瓶插质量及鲜质量变化的测定

根据表 2，每隔 2 d 观测 1 次，并记录形态变化。每花期 5 次重复，每次 1 朵花。

表 2 评估瓷玫瑰切花瓶插质量的相关指标

Table 2 Indexes for evaluating the quality of cut *Etilingera elatior* in vase period

| 观测指标 Observation index                           | 测定方法 Measuring method                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 瓶插寿命/d                                           | 切花从瓶插 0 d 到 50%以上开始出现萎蔫或褐变的天数                                                                                                                                                                  |
| Vase life                                        | The number of days that cut flowers begin to wilt or brown from day 0 to more than 50 % of the bottle                                                                                          |
| 凋萎时间/d                                           | 以切花从瓶插 0 d 到彻底卷曲失水、失去活力的天数                                                                                                                                                                     |
| Wilting time                                     | The number of days in which cut flowers lost water and vigor from day 0 to complete curling                                                                                                    |
| 最大花径和花球直径/cm                                     | 用卷尺分别交叉测量切花最宽处和上部花球的直径，取两次测量的平均值                                                                                                                                                               |
| Maximum flower diameter and flower ball diameter | Use a tape measure to measure the diameterof the widest part of the cut flower and the upper flower ball, and take the average of the two measurements                                         |
| 花高和花球高/cm                                        | 用卷尺分别测量切花花梗到花顶和花球基部到顶部的高度，取两次测量的平均值                                                                                                                                                            |
| Flower height and flower ball height             | Measure the height of the cut flower from the stem to the top of the flower and from the base to the top of the flower ball using a tape measure, and take the average of the two measurements |
| 鲜质量变化率/%                                         | (当日花枝鲜质量 - 初始花鲜质量) / 初始花枝鲜质量 × 100                                                                                                                                                             |
| Rate of fresh weight change                      | (Fresh weight at current day - Initial fresh weight) / Initial fresh weight × 100                                                                                                              |

1.4 生理指标测定

脯氨酸含量测定采用茚三酮法，可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色，分别以脯氨酸、牛血清蛋白为标准品，根据标准曲线计算其含量（职明星和李秀菊，2005；蒋大程 等，2018）；MDA 含量测定采用 2 - 硫代巴比妥酸法，SOD、POD 和 APX 活性测定方法参照《植物生理学实验指导》（高俊凤，2000）。GR 活性测定参照 Hasanuzzaman 和 Fujita（2013）的方法。每个生理指标重复 5 次。

1.5 数据分析

使用 Excel 2021 记录并整理原始数据，利用 SPSS 27.0 进行单因素（ANOVA）检验，采用 Origin 2024 和 Photoshop 2024 作图。

2 结果与分析

2.1 瓷玫瑰的花期对比

在 2023 年 11 月—2024 年 1 月（秋冬季）和 2024 年 3 月—2025 年 5 月（春季）期间，通过物候观测发现瓷玫瑰不同花期的持续天数间存在差异（表 3）。花蕾期持续时间较长且均显著大于其他时期。初开期和盛开期的花期天数差异均不显著。凋萎期在秋冬季的花期天数为 14.6 d，春季 15.0 d，持续时间最短。总的来说，秋冬季与春季的花期天数的差异主要体现在花蕾期。

表 3 瓷玫瑰的花期天数

Table 3 The florescence duration of *Etilingera elatior*

| 花期                         | 开花天数（秋冬季 Autumn-winter）/d | 开花天数（春季 Spring）/d |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|
| Florescence                | Flowering days            | Flowering days    |
| 花蕾期 Budding stage          | 24.4 ± 2.46 a             | 24.8 ± 2.95 a     |
| 初开期 Initial blooming stage | 15.0 ± 0.00 b             | 17.4 ± 1.52 bc    |
| 盛花期 Full bloom stage       | 17.6 ± 3.58 b             | 18.8 ± 3.49 b     |
| 凋萎期 Wilting stage          | 14.6 ± 0.89 b             | 15.0 ± 1.22 c     |

注：同列后不同小写字母表示各花期天数在不同花期间差异显著（ $P < 0.05$ ）  
Note: Different lowercase letters following the same column indicate significant differences among various days within different flowering periods（ $P < 0.05$ ）

## 2.2 瓷玫瑰切花瓶插期间形态变化及瓶插寿命

由于瓷玫瑰的花期较长, 且同一花期内花形变化显著, 故而将同一花期的切花分为两个阶段进行观察和记录, 不同阶段的切花表现出各自特有的特征和变化, 其观赏价值受花苞片绽放程度的直接影响。花蕾期 1 切花花头细长, 瓶插后花头渐垂, 14~16 d 时花蕾头部黄化下垂枯死 (图 2, A); 花蕾期 2 切花花芽全露, 呈粉/红色, 瓶插 4~5 d 时外围苞片开始失水干枯、色泽转暗伴黑斑, 11~13 d 时失水死亡 (图 2, B)。

初开期 1 的切花色泽鲜艳, 外苞片逐展, 12~14 d 时花球苞片布满霉点, 随后花苞片干枯黄化且外围苞片无法展开 (图 2, C); 初开期 2 的切花光泽度高、苞片全展, 瓶插 8~10 d 时花苞片感

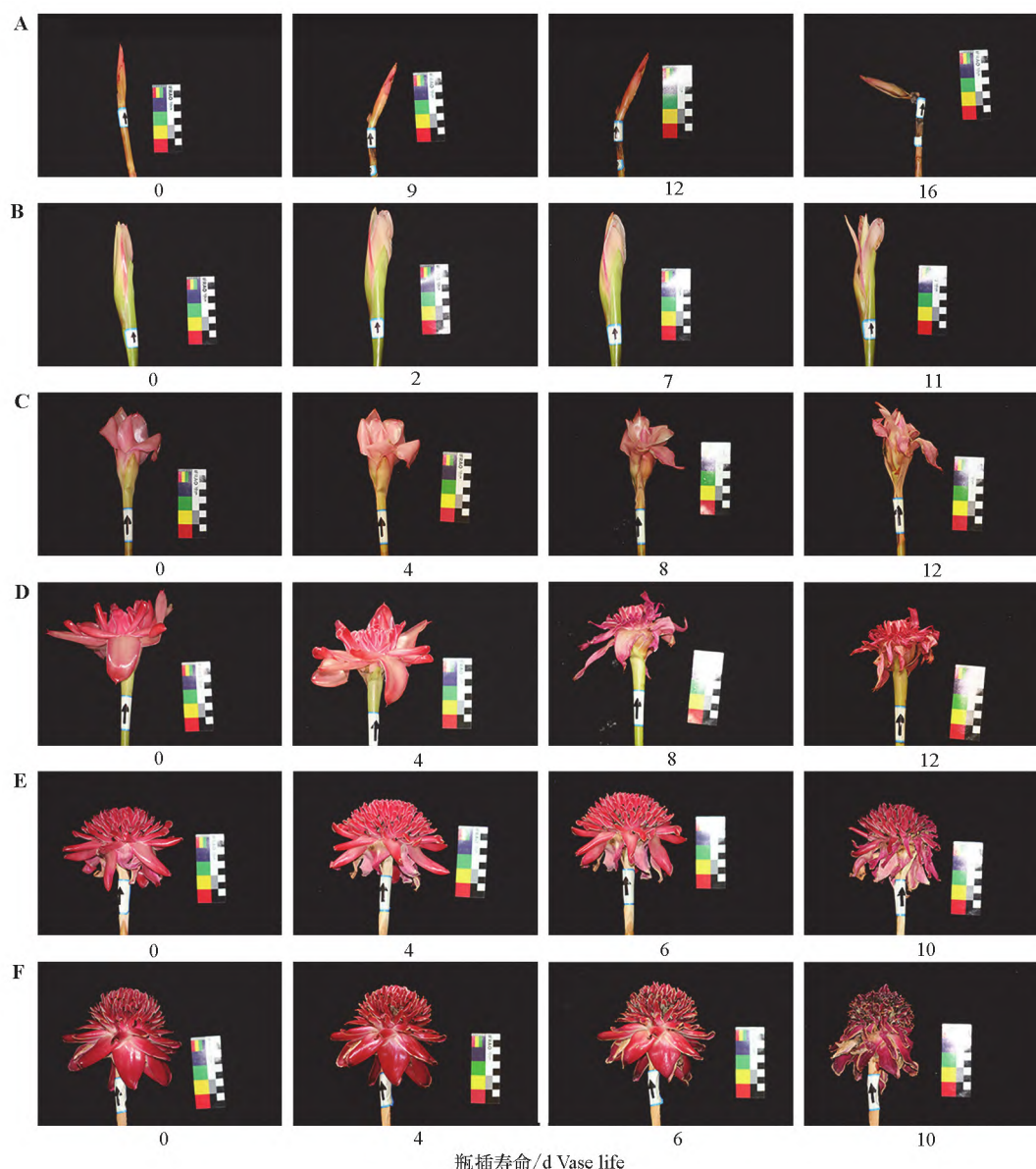


图 2 不同花期瓷玫瑰切花在瓶插过程中的形态变化

A: 花蕾期 1; B: 花蕾期 2; C: 初开期 1; D: 初开期 2; E: 盛花期 1; F: 盛花期 2; 下同

Fig. 2 Morphological changes of cut *Etlingera elatior* in different florescence during the vase period

A: Budding stage 1; B: Budding stage 2; C: Initial blooming stage 1; D: Initial blooming stage 2; E: Full bloom stage 1; F: Full bloom stage 2; The same as below

染霉菌，外围苞片会长满棕色霉点，14~16 d 整朵花死亡且内苞片未展（图 2，D）。

盛花期 1 的切瓶插第 4 d 时外围苞片完全展开，6~8 d 到达最佳观赏期，此时花的光泽度减弱，花球萎蔫缩小，11~13 d 时整朵花失水枯萎，最终死亡（图 2，E）；盛花期 2 的切花整体呈深红或粉红色，花球全露、外苞片轮状张开、花冠管部分变黑，瓶插 4~6 d 时花冠管全部变黑并长有白毛，部分苞片变黑并出现灼烧状斑点，8~10 d 时整朵花死亡（图 2，F）。

不同花期的瓷玫瑰切花在瓶插寿命和凋萎时间上表现出显著差异（表 4）。初开期 1 瓶插寿命和凋萎时间最长，分别为 12.7、16.7 d。盛花期 1 和盛花期 2 的瓶插寿命最短，均为 6.0 d，凋萎时间分别为 12.3、9.3 d。尽管初开期瓷玫瑰切花的瓶插寿命长，但其在瓶插期间花蕾无法展开，观赏价值低，而盛开期的观赏价值高但瓶插寿命显著降低。

表 4 不同花期瓷玫瑰切花的瓶插寿命及凋萎时间  
Table 4 The vase life and wilting time of cut *Etlingera elatior* at different florescence

| 花期<br>Florescence              | 瓶插寿命/d<br>Vase life | 凋萎时间/d<br>Wilting time |
|--------------------------------|---------------------|------------------------|
| 花蕾期 1 Budding stage 1          | —                   | 15.3 ± 0.6 ab          |
| 花蕾期 2 Budding stage 2          | —                   | 12.3 ± 1.2 c           |
| 初开期 1 Initial blooming stage 1 | 12.7 ± 0.6 a        | 16.7 ± 0.6 a           |
| 初开期 2 Initial blooming stage 2 | 9.7 ± 1.5 b         | 15.0 ± 1.0 b           |
| 盛花期 1 Full bloom stage 1       | 6.0 ± 0.0 c         | 12.3 ± 1.5 c           |
| 盛花期 2 Full bloom stage 2       | 6.0 ± 0.0 c         | 9.3 ± 0.6 d            |

注：同列后不同小写字母表示各指标在瓶插期间差异显著（ $P < 0.05$ ）  
Note: Different lowercase letters indicate that each index is significantly different during the vase period ( $P < 0.05$ )

不同花期的瓷玫瑰在花高和最大花径方面差异显著（图 3）。整体而言，花高呈下降趋势，而花径变化因花期不同而各异。盛花期 1 切花的花高在瓶插 0 d 时为 9.83 cm，瓶插期间显著降低，10 d 时降至 7.40 cm，而其他花期的花高无显著变化。

盛花期 1 切花花径在瓶插期间显著下降，花蕾期 2 花径在瓶插 2 d 时显著增至 5.43 cm，随着外层苞片逐渐舒展，10 d 时增至 6.93 cm。此外，受外围苞片未能完全展开影响，花蕾期切花的最大花径显著低于其他花期植株。

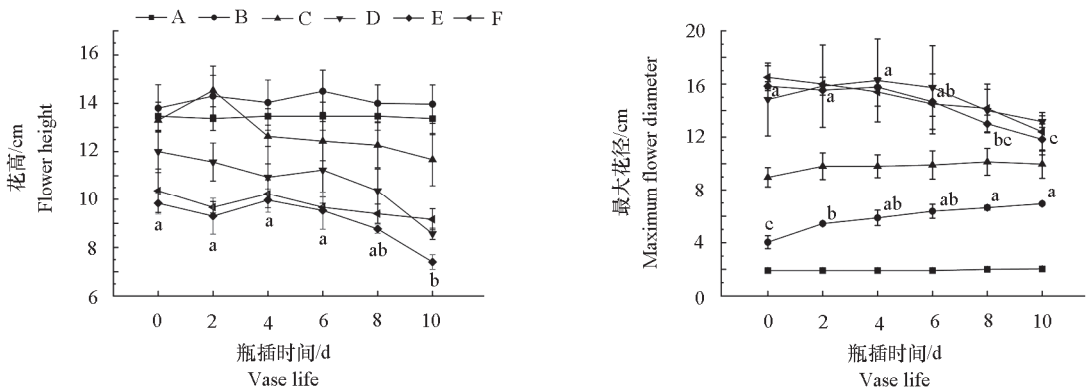


图 3 不同花期切花瓷玫瑰在瓶插过程中的花高和最大花径变化  
不同小写字母表示在同一瓶插期间差异显著（ $P < 0.05$ ），下同

Fig. 3 The change of flower height and maximum flower diameter of cut *Etlingera elatior* in different florescence during the vase period  
Different lowercase letters indicate significant differences during the same vase period ( $P < 0.05$ ), the same below

随着瓶插时间的延长, 盛花期 1 和盛花期 2 切花的花球高度呈下降趋势。盛花期 1 切花的花球直径在初期上升, 4 d 时达到峰值后逐渐下降; 盛花期 2 切花的花球直径逐渐下降, 8 d 时达到峰值, 然后又下降。在瓶插期间, 盛花期 2 切花的花球高和花球直径始终高于盛花期 1 (图 4)。盛花期瓷玫瑰逐渐萎蔫、失水、干枯变黄, 整体花球高和花球直径逐渐减小。这种变化反映了瓷玫瑰切花在瓶插期间水分流失和营养物质丧失对其外观和质量的影响。

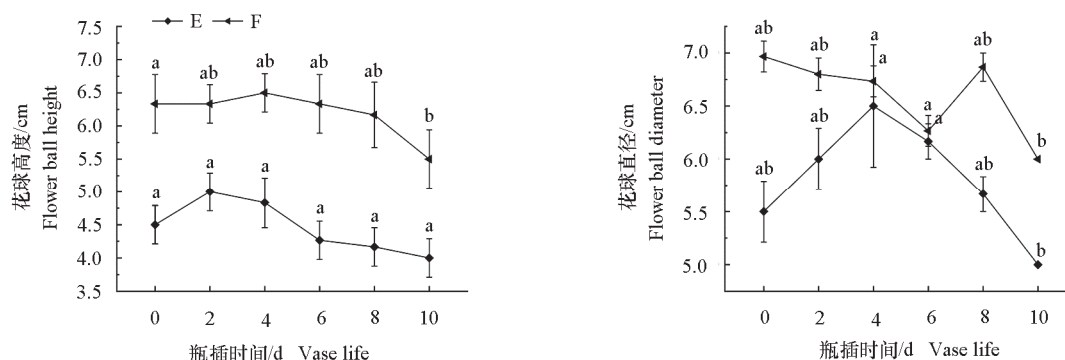


图 4 盛花期瓷玫瑰在瓶插过程中的花球变化

Fig. 4 The changes of the flower ball of cut *Etlingera elatior* during the vase period

## 2.3 瓷玫瑰切花的鲜质量变化

不同花期的瓷玫瑰切花的鲜质量存在差异 (图 5)。切花的鲜质量均呈现出先增加后减少的趋势。花蕾期 2 和初开期 1 的鲜质量变化相对稳定, 瓶插 14 d 时分别下降了 5.77% 和 13.12%。盛花期 1 和盛花期 2 在瓶插第 14 d 时的鲜质量下降了 39.41% 和 46.80%。结果表明, 瓷玫瑰切花的花形越大, 鲜质量变化越明显。

## 2.4 盛花期瓷玫瑰切花的 SP、MDA 和 Pro 含量变化

盛开期的瓷玫瑰切花在瓶插期间的生理生化指标变化如图 6 所示。在整个瓶插过程中, 瓷玫瑰切花的可溶性蛋白含量呈逐渐增加的趋势; 丙二醛的含量在瓶插 7 和 10 d 时显著增加; 脯氨酸的含量 7 d 时显著增加且达到峰值 ( $439.65 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ), 10 d 时脯氨酸的含量显著下降, 仅为  $154.39 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

## 2.5 盛花期瓷玫瑰切花的 SOD、POD、APX 和 GR 活性变化

在瓶插期间, 瓷玫瑰切花中的酶活性变化各不相同。如图 7 所示, SOD 活性水平较平稳, 10 d 时显著降低; POD 活性显著下降后略有上升, 7 d 时仅为  $18.10 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ 。APX 活性在瓶插期间总体呈上升趋势, 10 d 时最高 ( $0.068 \mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ); GR 活性持续增加, 10 d 时最高 ( $10.10 \mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ )。

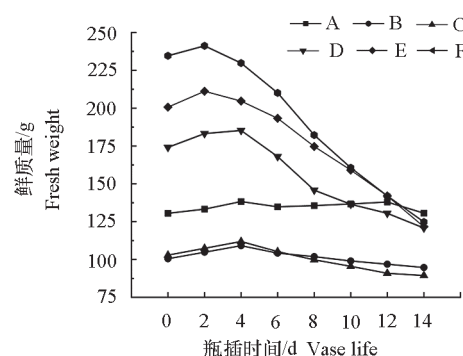


图 5 不同花期切花瓷玫瑰在瓶插过程中鲜质量变化

Fig. 5 The change of fresh weight cut *Etlingera elatior* in different florescence during the vase period

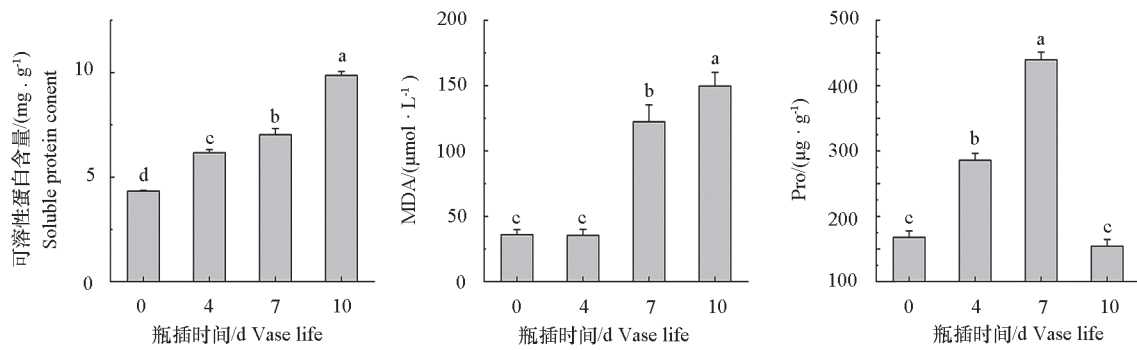


图 6 盛花期瓷玫瑰切花的生理生化指标变化

不同小写字母表示在不同的瓶插时间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同

Fig. 6 Changes of physiological and biochemical indexes of cut *Etilingera elatior* during the vase period in full bloom

Different lowercase letters indicate significant differences during the different vase period ( $P < 0.05$ ), the same below

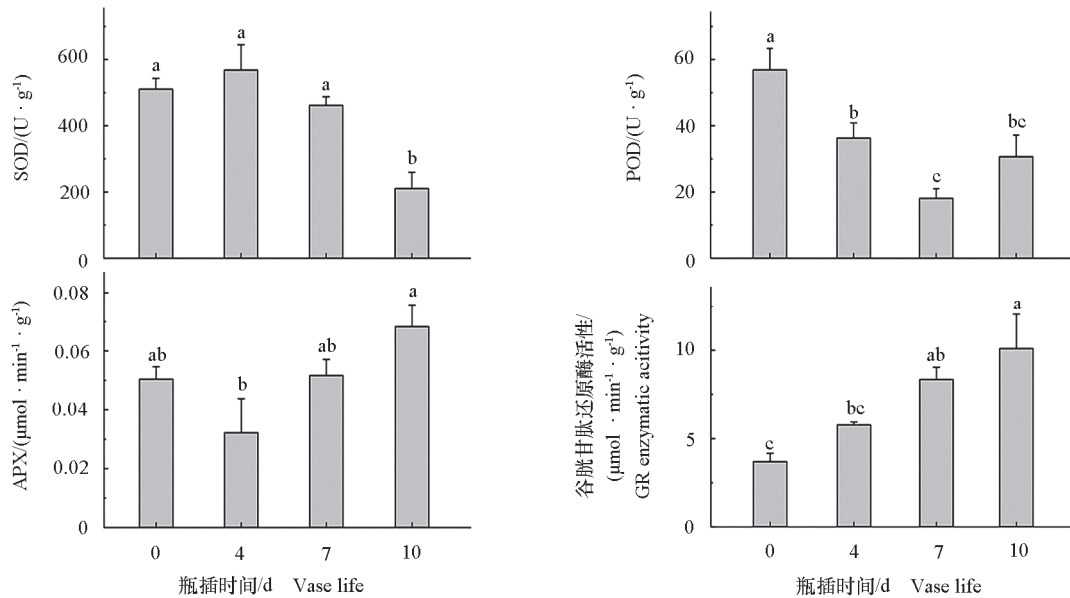


图 7 处于盛花期瓷玫瑰切花的抗氧化指标变化

Fig. 7 Changes of antioxidant indexes of cut *Etilingera elatior* during the vase period in full bloom

### 3 讨论

切花的开花品质和花形变化直接影响其观赏价值与商品价值, 其水分、碳水化合物、有机酸、挥发性物质、色素物质、矿质元素、维生素和植物激素等化学成分的含量及其动态变化与切花品质、采后生理生化变化以及瓶插寿命密切相关(何生根, 1997)。水分平衡与鲜质量变化是决定瓶插寿命的关键因素, 调控二者动态平衡可有效延缓切花衰败, 从而提高保鲜效果和延长瓶插寿命提供理论依据(杨明艳, 2012)。本研究中发现, 瓷玫瑰切花瓶插期间的花高、花径和鲜质量均呈下降趋势, 这与菊花、小苍兰及月季的形态变化规律一致(袁媛 等, 2011; Mansouri, 2012; 闫海霞 等, 2014)。Ahmad 等(2011)证明了吸水量和鲜质量变化与瓶插寿命密切相关, 本研究中离体瓷玫瑰因根系吸收功能丧失加剧水分失衡及营养消耗, 导致寿命远低于自然植株, 此结果与月季、牡丹研究结果(周

杰 等, 2024) 相符。本研究中由于不同花期瓷玫瑰切花的发育状态和大小不同, 其在花形变化、瓶插寿命和凋萎时间上存在显著差异, 花蕾期和初开期的观赏价值较低, 不适宜作为切花上市销售, 盛开期的切花虽然观赏价值较高, 但其花形和鲜质量变化最为显著, 且瓶插寿命最短。

切花瓶插期间, 花的形态和鲜质量变化显著, 主要原因是体内营养物质不足、细菌和真菌污染以及体内激素水平的变化所导致, 需要通过渗透调节和生理物质变化来维持生命活动(章志红 等, 2020)。切花利用各组织中的底物来维持基本的生命活动, 包括保持碳水化合物水平和水分吸收, 并通过减少过多活性氧(ROS)的产生来降低氧化应激, 从而延长瓶插寿命(Zulfiqar et al., 2023)。相关研究表明玫瑰切花在瓶插期间的 SP 和 Pro 含量在初期迅速增加后逐渐下降, 而 MDA 含量则持续上升, 适当增加 Pro 含量并延缓 MDA 含量的升高有助于提升切花的观赏品质(张彬和杜芳, 2014)。本研究中发现, 盛开期瓷玫瑰切花在瓶插期间 SP 含量逐渐增加, 与部分切花的研究结果(孔鑫 等, 2022; 史国安 等, 2022) 相反, 可能是由于不同植物应对逆境胁迫时蛋白质的合成或分解机制不同, 其更深层次的原因还有待进一步研究; 此时期 MDA 含量也逐渐上升, 瓷玫瑰切花在此阶段迅速衰老, 膜脂过氧化反应加快, 此现象与瓶插第 4 天花高和花球高显著降低的形态变化相吻合, 与香水莲花和德国鸢尾的结果(王银杰 等, 2020; 周琦 等, 2021) 相似。

在瓶插期间, 瓷玫瑰切花的 SOD 和 POD 活性呈下降趋势, 这与蝴蝶兰切花在瓶插期间 SOD 和 POD 活性存在显著波动的结果(仝恩慧 等, 2024) 一致, 经过低温贮藏可以显著提高这两种酶的活性, 进一步延长瓶插寿命。与此同时, GR 和 APX 活性逐渐增强, 这可能是由于 SOD 和 POD 活性的下降导致瓷玫瑰切花的抗氧化能力逐渐下降, 进而使得体内活性氧不断增加, 消耗大量抗坏血酸(AsA) 和还原型谷胱甘肽(GSH)。因此, 瓷玫瑰切花的瓶插质量受 SP、Pro 和 MDA 的含量以及 SOD 和 POD 的活性的显著影响。未来可以通过调整不同保鲜剂配方和贮藏方式, 来调节瓷玫瑰切花体内生理物质的含量和成分的变化, 从而达到延长瓶插寿命的目的。

瓷玫瑰切花的瓶插寿命与自然生长的花期相比显著缩短。不同花期的瓷玫瑰切花在瓶插期间的鲜质量和花形变化存在差异, 尤其是盛开期的切花变化最为显著, 瓶插寿命更短, 但这一时期却是最适宜用作鲜切花出售的花期。在瓶插期间, 盛开期的瓷玫瑰切花体内 Pro 和 MDA 等渗透调节物质的快速积累, SOD 和 POD 等抗氧化酶的活性迅速下降, 表明其瓶插寿命与生理活性物质密切相关, 但 SP 的含量显著上升, 与许多切花的变化趋势相反。本研究中的结果为瓷玫瑰切花的花期挑选、瓶插寿命对比及内部活性物质的变化的研究提供了重要的参考依据。

## References

- Ahmad I, Joyce D C, Faragher J D. 2011. Physical stem-end treatment effects on cut rose and acacia vase life and water relations. *Postharvest Biology and Technology*, 59 (3): 258 - 264.
- Araújo P, Albuquerque F C, Silva S, Ferreira D C C, Gonçalves C, Loges V. 2018. Characterization and selection of torch ginger for cut flower. *Ornamental Horticulture*, 24 (4): 371 - 379.
- Chang Yuzhen, Gao Hongyun, Shi Yinpei, Wang Yanjing, Wu Yufang, Jiang Shasha. 2021. Effects of stripe rust on gene expression and enzyme activity of APX and GR in wheat grains. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 49 (13): 108 - 111, 116. (in Chinese)
- 常玉珍, 高红云, 史银佩, 王言景, 吴玉芳, 蒋沙沙. 2021. 条锈病对小麦籽粒 APX 和 GR 基因表达和酶活性的影响. *安徽农业科学*, 49 (13): 108 - 111, 116.
- Chen Guowei, Han Daiyu, Du Xue, Ju Zhixin. 2021. Effects of carboxymethyl chitosan and nano-silver on ornamental qualities and physiological characteristics of *Paeonia lactiflora* cut flowers. *Storage and Process*, 21 (9): 27 - 34. (in Chinese)
- 陈国伟, 韩戴宇, 杜 雪, 鞠志新. 2021. 羧甲基壳聚糖和纳米银对芍药切花观赏品质及生理特性的影响. *保鲜与加工*, 21 (9): 27 - 34.
- Choon S Y, Ding P. 2016. Growth stages of torch ginger (*Etlingera elatior*) plant. *Sains Malaysiana*, 45 (4): 507 - 515.

- Gao Junfeng. 2000. Experimental guidance for plant physiology. Beijing: Higher Education Press: 196 – 197. (in Chinese)
- 高俊凤. 2000. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社: 196 – 197.
- Hasanuzzaman M, Fujita M. 2013. Exogenous sodium nitroprusside alleviates arsenic-induced oxidative stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings by enhancing antioxidant defense and glyoxalase system. *Ecotoxicology*, 22 (3): 548 – 596.
- He Shenggen. 1997. The physiological and biochemical basis of cut flowers. *Plant Physiology and Agriculture*, (1): 66 – 70. (in Chinese)
- 何生根. 1997. 切花品质的生理生化基础. *植物生理学通讯*, (1): 66 – 70.
- Jiang Dacheng, Gao Shan, Gao Hailun, Qiu Nianwei. 2018. The details of protein content determination by coomassie brilliant blue staining. *Experiment Science and Technology*, 16 (4): 143 – 147. (in Chinese)
- 蒋大程, 高珊, 高海伦, 邱念伟. 2018. 考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题. *实验科学与技术*, 16 (4): 143 – 147.
- Juwita T, Melyani P I, Levita J. 2018. Torch Ginger (*Etlingera elatior*): a review on its botanical aspects, phytoconstituents and pharmacological activities. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 21 (4): 151 – 165.
- Kong Xin, Zhang Lili, Ling Yi, Yan Li, Guan Wenyu, Zhang Haoran, Dong Li. 2022. Effect of different sucrose concentrations on preservation of cut tree peony flowers. *Journal of Northeast Forestry University*, 50 (5): 76 – 81. (in Chinese)
- 孔鑫, 张丽丽, 凌怡, 闫丽, 关雯雨, 张浩然, 董丽. 2022. 不同质量分数蔗糖溶液处理对牡丹切花瓶插保鲜的影响. *东北林业大学学报*, 50 (5): 76 – 81.
- Li J M, Jia X Y, Jiang X X, Wang F J, Zhang P, Wang L Q, Li J K. 2024. Effect of microperforation on quality of modified atmosphere packaged cut rose cv *Corola*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 99 (4): 443 – 453.
- Mansouri H. 2012. Salicylic acid and sodium nitroprusside improve postharvest life of chrysanthemums. *Scientia Horticulturae*, 145: 29 – 33.
- Nogueira M, Paiva P, Neto A, Reis M, Nascimento Â, Timoteo C. 2023. Starch-based films for red torch ginger inflorescences postharvest conservation. *Ciência e Agrotecnologia*, 47: e017822.
- Oktavia G A E, Kuswanto F, Wardhani P K. 2019. Traditional utilization of ginger torch [*Etlingera elatior* (Jack) R.M.Sm.] in Bedugul, Bali and its conservation in Bali Botanic Garden. *IP Conference Proceedings*, 2120 (1): 030017.
- Ren Qiuping, Lin Ranran, Lu Xinghui, Wu Bingjie. 2023.  $\text{Ca}^{2+}$  on the physiological effect of *Calendula officinalis* seedling under salt stress. *Northern Horticulture*, (13): 63 – 68. (in Chinese)
- 任秋萍, 林冉冉, 路兴慧, 吴冰洁. 2023.  $\text{Ca}^{2+}$ 对盐胁迫下金盏菊幼苗生理效应的影响. *北方园艺*, (13): 63 – 68.
- Shi Guoan, Wang Yi, Shi Tian, Gao Shuangcheng, Zhao Yuan, Shang Shenshen, Hu Siyuan. 2022. Nano silver and ethephon pretreatment regulates the quality of cut flowers of *Itoh Peony* ‘Bartzella’. *Scientia Silvae Sinicae*, 58 (9): 79 – 89. (in Chinese)
- 史国安, 王依, 史田, 高双成, 赵渊, 尚申申, 胡思源. 2022. 纳米银和乙烯利预处理调控伊藤牡丹‘巴茨拉’切花瓶插品质. *林业科学*, 58 (9): 79 – 89.
- Tong Enhui, Wang Wenjun, Zhu Weiyin, Xie Fansheng, Peng Donghui, Zhou Yuzhen. 2024. Studies on the physiological effects of different storage treatments on the preservation of cut *Phalaenopsis* flowers. *Northern Horticulture*, 1 – 14. (in Chinese)
- 仝恩慧, 王文君, 朱尾银, 谢凡生, 彭东辉, 周育真. 2024. 不同贮藏处理对蝴蝶兰切花保鲜效应的研究. *北方园艺*, 1 – 14.
- Wada N, Wada N, Kinoshita S, Matsuo M, Amako K, Miyake C, Asada K. 1998. Purification and molecular properties of ascorbate peroxidase from bovine eye. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 242 (2): 256 – 261.
- Wang Kaixuan, Wang Yi, Shi Tian, Ding Xining, Yuan Junhui, Shi Guoan, Hu Yonghong. 2020. Physiological effects of rapamycin pretreatment on delaying the senescence of cut flower in tree Peony ‘Luoyanghong’. *Acta Horticulturae Sinica*, 47 (10): 1956 – 1968. (in Chinese)
- 王凯轩, 王依, 史田, 丁熙柠, 袁军辉, 史国安, 胡永红. 2020. 雷帕霉素预处理延缓牡丹‘洛阳红’切花衰老的生理效应. *园艺学报*, 47 (10): 1956 – 1968.
- Wang Lingling, Luo Yan, Ma Rongrong, Huo Yunyun, Hu Taotao, Zhang Li, Yan Rui. 2023. Physiological characteristics of different varieties of cut *Chrysanthemum* response to salt stress. *Shandong Agricultural Sciences*, (11): 88 – 95. (in Chinese)
- 王玲玲, 罗艳, 马蓉蓉, 霍芸芸, 虎淘淘, 张黎, 严瑞. 2023. 不同切花菊品种响应盐胁迫的生理特性研究. *山东农业科学*, (11): 88 – 95.
- Wang Xiaoyu, Zhang Yane, Zhang Linsheng. 2018. Changes of phenotype and soluble protein content in wheat seedlings under four kinds of abiotic stress. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 36 (2): 113 – 117, 169. (in Chinese)

- 王晓宇, 张艳娥, 张林生. 2018. 4 种非生物胁迫下小麦幼苗表型及可溶性蛋白含量的变化. 干旱地区农业研究, 36 (2): 113 - 117, 169.
- Wang Yinjie, Zhang Yongxia, Liu Qingquan, Liu Liangqin, Huang Suzhen, Yuan Haiyan. 2020. Changes of main physiological indices during petal senescence of *Iris germanica* L. Jiangsu Agricultural Sciences, 48 (24): 153 - 155, 214. (in Chinese)
- 王银杰, 张永侠, 刘清泉, 刘凉琴, 黄苏珍, 原海燕. 2020. 德国鸢尾花瓣衰老过程中主要生理指标的变化. 江苏农业科学, 48 (24): 153 - 155, 214.
- Wu Zhankui, Yang Qing. 2007. New cultivation technology for cutting-edge *Etilingera elatior*. China Forestry Science and Technology, (2): 100. (in Chinese)
- 吴展奎, 杨 清. 2007. 新型切花瓷玫瑰栽培技术. 林业科技开发, (2): 100.
- Xu Liping, Liu Jianbing, Yu Fangyuan. 2019. Physiological and biochemical changes in petals before and after pollination in *Styrax tonkinensis*. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 41 (3): 464 - 475. (in Chinese)
- 徐丽萍, 刘建兵, 喻方圆. 2019. 东京野茉莉授粉前后花瓣的生理生化变化. 江西农业大学学报, 41 (3): 464 - 475.
- Yan Haixia, Li Wenjuan, Huang Dazhuang. 2014. Preservation effect of different preservatives on the chinese roses cut flower. Northern Horticulture, (5): 122 - 125. (in Chinese)
- 闫海霞, 李文娟, 黄大庄. 2014. 不同瓶插液配方对月季切花保鲜效果的影响. 北方园艺, (5): 122 - 125.
- Yang Jianhua. 1998. Novel and superior cut flower plant, *Etilingera elatior*. Flower Plant & Penjing, (3): 11. (in Chinese)
- 杨建华. 1998. 新型优良切花植物瓷玫瑰. 花木盆景 (花卉园艺), (3): 11.
- Yang Mingyan. 2012. Study on water balance, fresh weight change and vase life of *Gerbera jamesonii* cut flowers. Storage and Process, (6): 12 - 16. (in Chinese)
- 杨明艳. 2012. 非洲菊切花水分平衡、鲜重变化和瓶插寿命的关系探究. 保鲜与加工, (6): 12 - 16.
- Yu Yingying, Xu Ruiqi, Niu Chengtuo, Wang Jinjing, Zheng Feiyun, Liu Chunfeng, Li Qi. 2024. Development of a novel detection method of intracellular proline in brewer's yeast based on fluorescent microtiter plate. Food and Fermentation Industries, 1 - 8. (in Chinese)
- 于莹莹, 许睿琦, 钮成拓, 王金晶, 郑飞云, 刘春风, 李 崎. 2024. 荧光微孔板法检测啤酒酵母胞内脯氨酸含量. 食品与发酵工业, 1 - 8.
- Yuan Yuan, Yu Yidong, Lian Fangqing, Tang Dongqin. 2011. Studies on physiological characteristics of cut *Freesia* flowers during vase holding. Acta Horticulturae Sinica, 38 (3): 579 - 586. (in Chinese)
- 袁 媛, 余忆冬, 连芳青, 唐东芹. 2011. 小苍兰切花瓶插生理研究. 园艺学报, 38 (3): 579 - 586.
- Zeng F J, Xu S D, Geng X M, Hu C M, Zheng F. 2023. Sucrose<sup>+</sup>8-HQC improves the postharvest quality of lily and rose cut flowers by regulating ROS-scavenging systems and ethylene release, 308: 111550.
- Zhang Bin, Du Fang. 2014. Regulate and control of different preservatives on the rose cut flower refreshment and physiological effects. Northern Horticulture, (5): 118 - 121. (in Chinese)
- 张 彬, 杜 芳. 2014. 不同保鲜剂对玫瑰切花保鲜及生理效应的调控. 北方园艺, (5): 118 - 121.
- Zhang Zhihong, Ji Jie, Jiang Lianfang. 2020. Effects of different preservatives on ornamental quality and physiological characteristics of peony cut flowers. Jiangsu Agricultural Sciences, 48 (13): 212 - 215. (in Chinese)
- 章志红, 季 节, 蒋联芳. 2020. 不同保鲜液对切花牡丹观赏品质和生理的影响. 江苏农业科学, 48 (13): 212 - 215.
- Zhi Mingxing, Li Xiujie. 2005. Improvement of the method for measuring proline content. Plant Physiology Communications, (3): 355 - 357. (in Chinese)
- 职明星, 李秀菊. 2005. 脯氨酸测定方法的改进. 植物生理学通讯, (3): 355 - 357.
- Zhou Jie, Zhang Chunyan, Yang Guomeng, Zheng Jicheng, Li Qiuda. 2024. Research progress on quality influencing factors and preservation technology of fresh-cut flowers. Contemporary Horticulture, 47 (17): 17 - 21, 24. (in Chinese)
- 周 杰, 张春艳, 杨国盟, 郑继成, 李秋达. 2024. 鲜切花品质影响因素与保鲜技术的研究进展. 现代园艺, 47 (17): 17 - 21, 24.
- Zhou Qi, Zhao Feng, Tang Peng, Zhu Zunling. 2021. Changes of physiological indexes of petals during the flowering period of *Nymphaea hybrid* of different colors. Journal of Southern Agriculture, 52 (10): 2797 - 2804. (in Chinese)
- 周 琦, 赵 峰, 汤 鹏, 祝遵凌. 2021. 不同花色香莲花花期花瓣生理指标变化分析. 南方农业学报, 52 (10): 2797 - 2804.
- Zulfiqar F, Moosa A, Darras A, Nafees M, Ferrante A, Siddique K H M. 2023. Preharvest melatonin foliar treatments enhance postharvest longevity of cut tuberose via altering physio-biochemical traits. Frontiers in Plant Science, (14): 1151722.