



杨景雅,赵艳娟,张静,等.绣球切花采后保鲜技术的研究[J].黑龙江农业科学,2020(2):61-71,72.

绣球切花采后保鲜技术的研究

杨景雅^{1,2},赵艳娟¹,张静¹,黄立钰¹

(1. 云南大学 农学院,云南 昆明 650091;2. 中国科学院 昆明植物研究所,云南 昆明 650201)

摘要:为延长绣球切花瓶插时间,提高其瓶插质量,以“雪球”绣球切花为试验材料,进行预冷处理 and 外加糖源、无机盐和乙烯抑制剂等化学试剂处理,通过测定其瓶插天数、鲜重变化率、水分平衡值、脯氨酸含量及丙二醛含量等指标,研究单因素不同处理方式(浓度、时间梯度)对绣球切花保鲜效果的影响。结果表明:在 6℃ 低温条件下处理 3 d、浓度为 12 g·L⁻¹ 的蔗糖糖源、浓度为 60 mg·L⁻¹ 的柠檬酸和 1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP)处理 3 d 分别为单因素下绣球切花保鲜的最适条件;进一步根据单因素试验中所得的最适处理对其进行二次正交旋转试验设计,以瓶插天数为指标,研究多因素试验的最优组合,结果表明,8.36 g·L⁻¹ 蔗糖+51.59 mg·L⁻¹ 柠檬酸+1-MCP 处理 2.31 d 能在很大程度上提高绣球切花的观赏水平,可使其瓶插寿命长达 35 d,比空白清水对照延长 20 d。

关键词:绣球切花;保鲜;瓶插寿命;衰老

绣球花(*Hydrangea macrophylla*),是虎耳草科八仙花属的小灌木,其花型美观大方,开花期较长,花色艳丽,寓意美好,象征着“团圆美满”“忠贞永恒”和“希望”。近几年来,国内外绣球切花市场供不应求,在高端市场占据主导地位,市场潜力巨大。自 2014 年以来,绣球切花平均每枝价格在 8~11 元,2016 年 5-8 月淡季每枝价格也高达 6~7 元,除去相关成本,收益率仍高达 80%^[1]。

切花衰老一般意义上是从花瓣的充分盛开、萎蔫、褐变、脱落以及到完全失去观赏价值的一系列过程。鲜切花采摘后,可能由于操作不当或管理措施不到位而造成花瓣不能正常开放,或者花瓣颜色呈现蓝变或褐变等情况也被认为是切花衰老^[2]。当切花从母体脱离后,其新陈代谢仍在旺盛进行,但由于水分、营养物质及某些无机物的供应被切断,切花会快速出现衰老的特征。

虽然绣球花在我国种植历史较为久远,但作为大宗鲜切花应用还属于较新的领域。目前为止,国内对于绣球花的研究主要停留在育种和栽培方面,对于绣球切花的保鲜研究仅有少量报导。吴文杰等^[3]用低温(4℃)对绣球切花进行 6~8 h 处理,可延长绣球切花瓶插寿命约 2 d。王培^[4]用含 2% 的蔗糖以及一定浓度的硝酸银和柠檬酸配

制而成的保鲜剂,对“经典红”八仙花切花进行采后保鲜处理,发现其处理能改善花枝水分平衡,增加花枝鲜重,瓶插寿命比清水对照延长 2.4 d。韩国的研究人员^[5]对绣球切花进行了化学试剂保鲜研究,表明 8-羟基喹啉硫酸盐(8-Hydroxy-Quinolinol-Sulfate, 8-HQS)和 1% 蔗糖处理能延长约 12.3 d 的瓶插寿命。

本文从预冷处理、外加糖源、有机酸和乙烯抑制剂等物理和化学手段对绣球切花的保鲜效果进行研究分析,以获得合适的保鲜剂及延缓技术,研究结果将为今后绣球切花的市场发展提供理论和技术支持,对增加绣球切花附加值和提高花农收入具有重大的现实意义。

1 材料与方法

1.1 材料

供试绣球品种为纯白色的“雪球”,购自云南省晋宁区昆阳镇的云南省如意花卉公司,花材自采摘后未进行任何保鲜处理,并于当天进行试验。瓶插前用刀口锋利的园艺专用剪在水下将花枝基部斜剪,使每只切花从基部到花茎顶部大约为 25 cm,迅速放入蒸馏水中待用,去掉其余叶片,仅保留顶端一片小叶片。

试剂:蔗糖、海藻糖、壳聚糖、柠檬酸、水杨酸和 1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验共分为 2 个阶段,第一阶段是单因素(预冷时间、外加糖源、有机酸和 1-

收稿日期:2019-08-15

第一作者:杨景雅(1994-),女,在读硕士,从事园艺花卉种植栽培及采后保鲜等研究。E-mail: yjy6119@163.com。

通信作者:黄立钰(1983-),男,博士,讲师,从事作物遗传改良及应用等研究工作。E-mail: lyhuang@ynu.edu.cn。

MCP 处理时间)的筛选试验,试验共设 4 组处理(表 1~4),每组处理设置 4 个梯度,每个处理进行 6 个重复,3 个重复用于形态观测,3 个重复用于生理生化指标测定;以常温、蒸馏水组为对照。第二阶段是对单因素试验中得到的最适处理试剂和处理量进行二次回归正交旋转试验,以瓶插天数为指标,筛选出最适化学保鲜组合。

表 1 绣球切花预冷处理时间设计
Table 1 Design of precooling treatment
time for *Hydrangea* cutting

编号 No.	CK	P1	P2	P3	P4
时间 Time/d	0	1	2	3	4
温度 Temperature/℃	20	6	6	6	6

表 2 不同糖源对绣球切花保鲜效果的浓度筛选
Table 2 Concentration screening of different
sugar sources on the fresh-keeping
effect of *Hydrangea* cutting

编号 No.	试剂 Reagent	浓度 Concentration/ (g·L ⁻¹)	编号 No.	试剂 Reagent	浓度 Concentration/ (g·L ⁻¹)
CK	蒸馏水	0	H3	海藻糖	5
Z1	蔗糖	4	H4	海藻糖	7
Z2	蔗糖	8	K1	壳聚糖	1
Z3	蔗糖	12	K2	壳聚糖	3
Z4	蔗糖	16	K3	壳聚糖	5
H1	海藻糖	1	K4	壳聚糖	7
H2	海藻糖	3			

表 3 不同有机酸对绣球切花保鲜效果的
浓度筛选

Table 3 Concentration screening of different
organic acids on the fresh-keeping effect
of *Hydrangea* cutting

编号 No.	试剂 Reagent	浓度 Concentration/ (mg·L ⁻¹)	编号 No.	试剂 Reagent	浓度 Concentration/ (mg·L ⁻¹)
CK	蒸馏水	0	S1	水杨酸	30
N1	柠檬酸	40	S2	水杨酸	40
N2	柠檬酸	50	S3	水杨酸	50
N3	柠檬酸	60	S4	水杨酸	60
N4	柠檬酸	70			

表 4 绣球切花 1-MCP 处理时间设计
Table 4 Design of 1-MCP processing
time for *Hydrangea* cutting

编号 No.	CK	M1	M2	M3	M4
时间 Time/d	0	1	2	3	4

1.2.2 测定项目及方法 瓶插寿命:为量化绣球切花的瓶插寿命,便于分析和评价,本文参照香石竹切花级数确定的方法,类比对绣球级数进行品质级数的建立,把绣球切花进行疏剪,每枝切花上仅留下 30 朵花序,当褐色/黄色/干枯花瓣为 0 朵时定为 1 级;当褐色/黄色/干枯花瓣出现 3 朵时(10%)时定为 2 级;当褐色/黄色/干枯花瓣出现 6 朵时(20%)定为 3 级;当褐色/黄色/干枯花瓣出现 9 朵时(30%)为 4 级。本试验将绣球切花观赏级数第一次到达四级时间视为该切花瓶插寿命终点,瓶插寿命即瓶插之日起至切花瓶插终点的天数。当统计第 15 d 切花级数时,瓶插寿命未达 15 d 的切花级数规定为 5 级。

切花鲜重变化率:采用称重法测切花鲜重。鲜重变化率(%)=(W_x-W_1)/ $W_1\times 100$ (W_x 为试验天数, W_x 为第 X 天的切花鲜重)^[6]。

水分平衡值:采用称重法,每隔 1 d 测定一次,称量时把切花取出,称取瓶子和溶液的重量,并且每次称取完成后,用蒸馏水把整个体系补充到 500 mL。失水量=后一次的总重量-前一次的总重量,吸水量=500 mL-本次的总重量,即水分平衡值=失水量-吸水量。

生理指标:10:00 取样,每隔 1 d 取一次样。每个处理用于生理生化检测的 3 个重复中,分别随机选取 3 朵花序剪下,用塑封袋装好做好标记,置于一 80 ℃ 的超低温冰箱冷冻保存。

游离脯氨酸含量采用酸性茚三酮法检测、丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸(TBA)显色法检测。

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 20.0 和 Excel 2007 软件进行数据统计和分析,二次正交旋转试验设计采用 DPS 软件设计并进行相关的数据分析。

2 结果与分析

2.1 预冷处理对绣球切花保鲜的影响

2.1.1 瓶插寿命、切花级数及形态表现 由表 5 可知,绣球切花在室温对照条件下的瓶插天数为 15.33 d,在 4 组预冷处理中,P3 处理(6 ℃ 预冷处

理 3 d)的绣球切花寿命最长,为 25.00 d,瓶插天数显著高于对照切花寿命 9.67 d;在瓶插末期花瓣边缘轻度干枯,并且瓶插期间的形态表现均优

于对照切花,衰老速度最为缓慢,随着预冷时间的增加,保鲜效果减弱。

表 5 不同预冷处理时间对绣球切花瓶插寿命及形态的影响

Table 5 Effects of different precooling time on the life and morphology of *Hydrangea* cutting

处理 Processing	瓶插寿命 Vast life	第 15 天切花级数 Cut flower score on the 15th day	瓶插时期形态表现 Morphology of vase insertion
CK	15.33±0.58 d	5.00±0.00 a	花瓣边缘卷曲,干枯
P1	19.00±1.00 c	4.00±0.24 b	花瓣出现黄斑,边缘卷曲
P2	21.67±1.53 b	3.33±0.4 c	花瓣出现黄点,无卷边现象
P3	25.00±1.00 a	2.00±0.58 d	花瓣边缘轻度干枯,速度最慢
P4	12.33±1.53 e	5.00±0.00 a	花瓣干枯速度最快,严重萎蔫

2.1.2 鲜重变化率 经过预冷处理 3 d(P3)的绣球切花鲜重变化率增长最大值达 3.58%,对照组中的最大值为 1.48%(图 1a)。预冷处理 4 d(P4)的切花在第 3 天就出现鲜重变化率下降的情况,鲜重下降速率最快,且下降的幅度最大。

2.1.3 水分平衡值 预冷处理后,绣球切花的吸水能力增强,且 P3 处理的最大吸水量显著高于对照组(图 1b)。当吸水量为负值时,表明其失水量大于吸水量,切花开始失水,P3 处理是在瓶插第 13 天才出现失水,而对照在第 9 天就出现了失水现象。

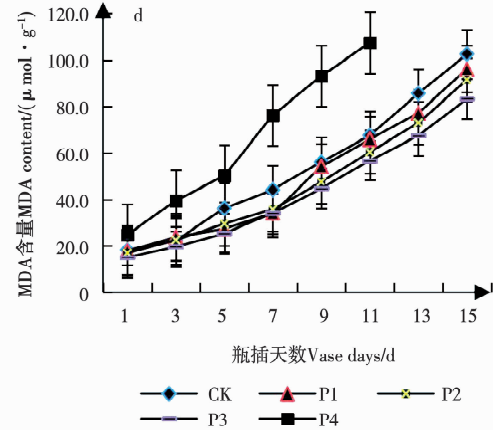
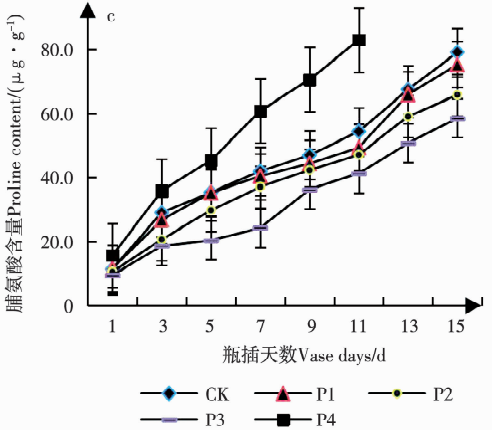
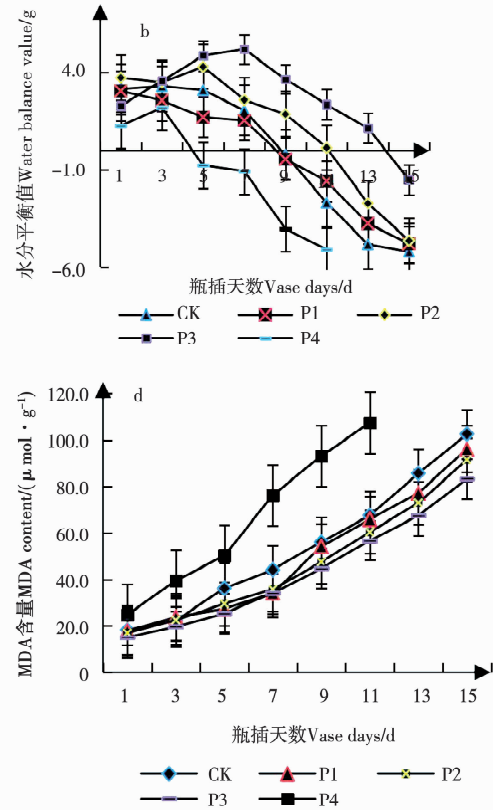
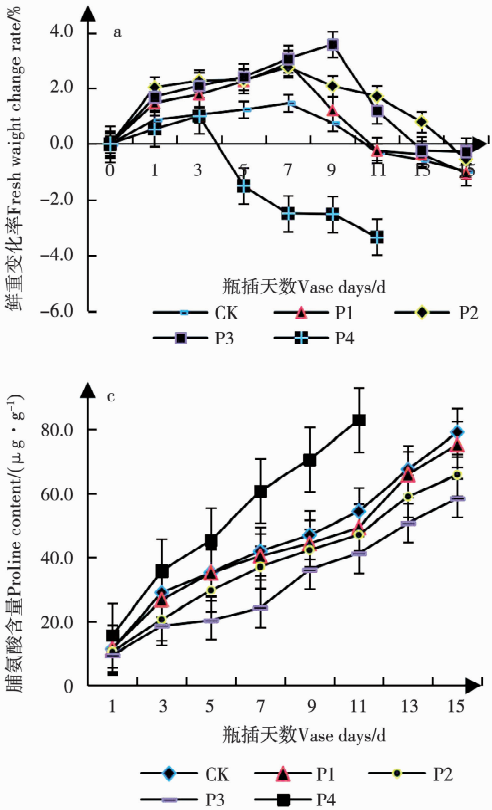


图 1 不同预冷处理时间对绣球切花生理指标的影响

Fig. 1 Effects of different precooling time on the physiological indexes of *Hydrangea* cutting

2.1.4 脯氨酸含量 P3 处理的脯氨酸含量增加速度最为缓慢,且显著低于其他 3 个处理(图 1c)。

2.1.5 MDA 含量 在瓶插第 15 天的时候,MDA 的含量为 P4>P1>P2>P3,说明随着预冷处理时间的增加,效果并非随之呈上升趋势。

在整个瓶插期间,绣球切花的鲜重变化和水分平衡值总体呈现一个先上升后下降的趋势,而切花体内的脯氨酸含量和丙二醛(MDA)含量则一直呈增长趋势。这是因为切花脱离母体后,失去了营养物质来源,水分吸收的能力下降,但整切花生命活动仍在继续,其受到了水分胁迫和氧化胁迫后,自身的代谢产物的合成也随之增加。

表 6 不同糖源处理对绣球切花瓶插寿命及形态的影响

Table 6 Effects of different sugar sources on vase life and shape of *Hydrangea* cutting

处理 Processing	瓶插寿命 Vase life	第 15 天切花得分值 Cut flower score value on the 15th day	瓶插时期形态表现 Morphology of vase insertion
CK	15.33±0.58 c	5.00±0.00 a	花瓣边缘卷曲,干枯
Z1	14.67±1.53 c	3.67±0.24 b	花瓣边缘卷曲,干枯,茎轻微变褐
Z2	17.33±0.58 b	2.33±0.48 c	花瓣出现黄斑,边缘卷曲,茎轻微变褐
Z3	22.00±1.00 a	4.33±0.58 b	花瓣出现黄点,无卷边现象,茎轻微变褐
Z4	16.67±0.58 b	5.00±0.00 a	花瓣边缘轻度干枯,茎轻微变褐
H1	7.67±0.58 d	5.00±0.00 a	花瓣干枯并变成粉红色,严重萎蔫,茎变黑
H2	5.33±0.58 e	5.00±0.00 a	花瓣干枯并变成粉红色,严重脱水,茎变黑
H3	3.67±0.58 f	5.00±0.00 a	花瓣干枯并变成粉红色,严重脱水,茎变黑
H4	2.33±0.58 f	5.00±0.00 a	花瓣干枯并变成粉红色,严重脱水,茎变黑
K1	6.33±1.00 e	5.00±0.00 a	花瓣干枯,严重脱水,茎变黑
K2	5.67±0.58 e	5.00±0.00 a	花瓣干枯,严重脱水,茎变黑
K3	3.33±0.58 f	5.00±0.00 a	花瓣干枯,严重脱水,茎变黑
K4	2.33±0.58 f	5.00±0.00 a	花瓣干枯,严重脱水,茎变黑

2.2.2 鲜重变化率 由图 2 可知,蔗糖处理的绣球切花鲜重变化率呈现先上升再下降的趋势,而经过海藻糖和壳聚糖处理的切花鲜重变化率呈现快速下降的趋势。在蔗糖的不同浓度处理中,Z3 处理的鲜重变化率最大值为 3.48%,比对照组的 1.48%高出 2%。

2.2.3 水分平衡值 从图 3 可以看出,蔗糖处理的绣球切花水分平衡值呈现先上升再下降的趋势,而经过海藻糖和壳聚糖处理的切花则呈现下降趋势。海藻糖和壳聚糖处理后使得绣球切花的水分平衡值迅速下降,且在第 2 天至第 5 天水分

2.2 不同外加糖类对绣球切花保鲜的影响

2.2.1 瓶插寿命、切花级数及形态表现 由表 6 可以看出,蔗糖、海藻糖和壳聚糖 3 种糖源处理绣球切花的保鲜效果不同,其中从瓶插天数和形态表现来看,蔗糖的保鲜效果显著高于海藻糖和壳聚糖的保鲜效果。对照组的平均瓶插天数为 15.33 d,经过蔗糖处理的切花瓶插天数最高为 22.00 d,显著高于对照组,比对照组延长了 6.67 d;瓶插时期的花瓣和坚挺程度以及茎的褐变程度等这些形态表现也最好。而海藻糖和壳聚糖处理的绣球切花瓶插天数显著低于蒸馏水对照组,并且经过这两种试剂处理的切花的花色会由纯白色转变为粉色,同时伴有茎变黑的现象。

平衡值就为负值,且各处理切花迅速出现衰老症状。

2.2.4 脯氨酸含量 经过海藻糖和壳聚糖处理后(图 4),绣球切花体内的脯氨酸含量急剧增加,蔗糖处理过的绣球切花内的脯氨酸含量增加趋势与对照处理的变化趋势大致一样,Z3 处理的脯氨酸值稍低于对照,Z1、Z2 和 Z4 的脯氨酸和积累量和对照没有显著的差异。

2.2.5 MDA 含量 三种糖源处理后的绣球切花体内 MDA 含量变化与脯氨酸的变化趋势基本一致(图 5)。

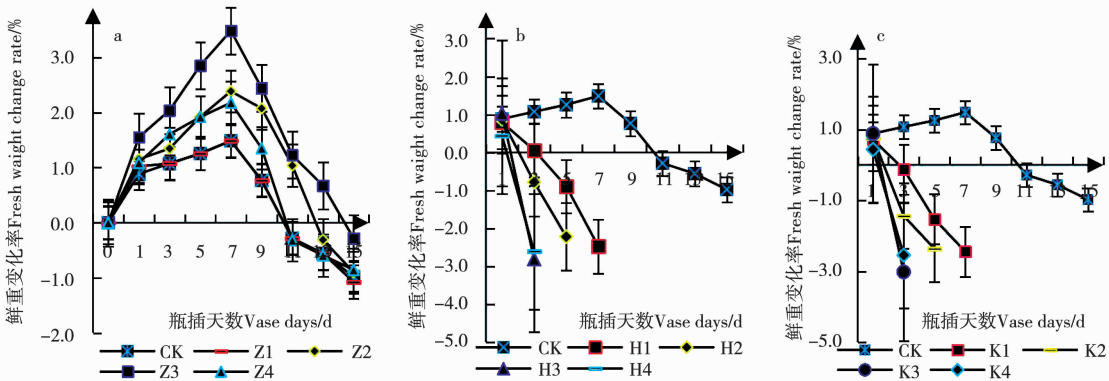


图2 蔗糖(a)、海藻糖(b)和壳聚糖(c)糖源处理时间对绣球切花鲜重变化率的影响
Fig. 2 Effects of sucrose(a), trehalose(b) and chitosan(c) sugar source treatment time on the change rate of fresh weight of *Hydrangea* cutting

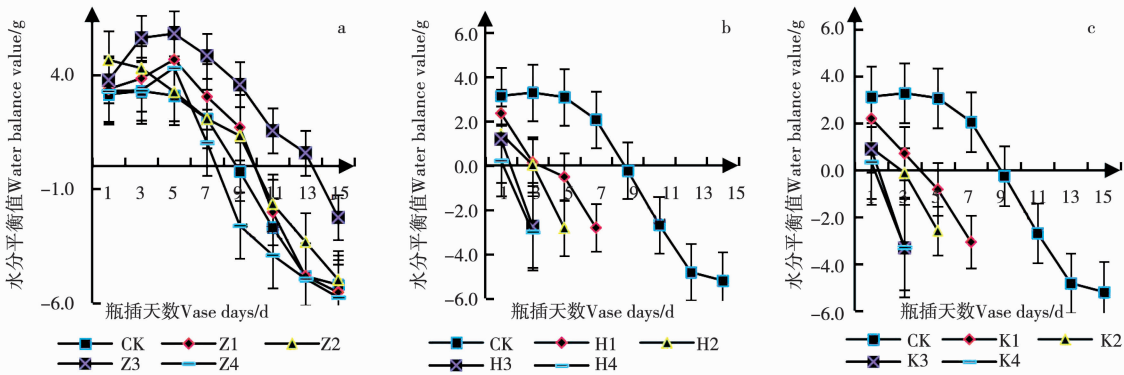


图3 蔗糖(a)、海藻糖(b)和壳聚糖(c)糖源处理对绣球切花水分平衡值的影响
Fig. 3 Effects of sucrose(a), trehalose(b) and chitosan(c) sugar source treatment time on the moisture balance of *Hydrangea* cutting

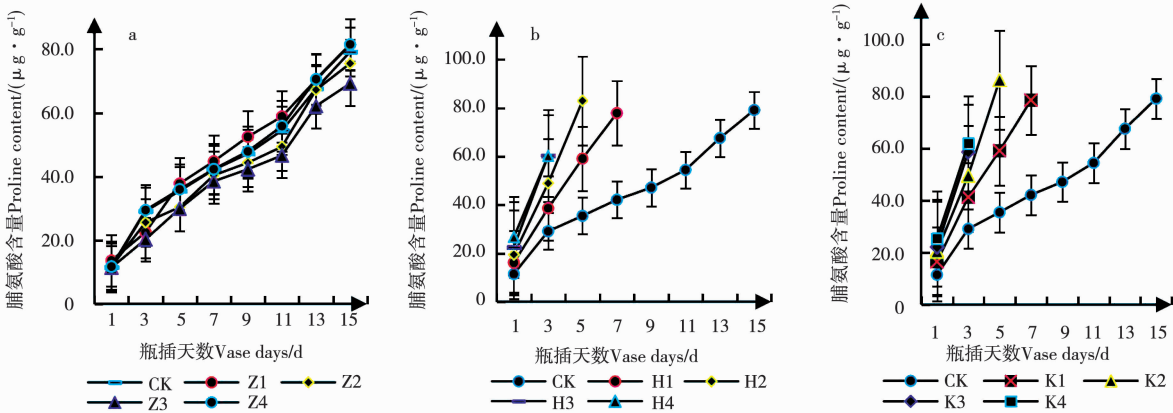


图4 蔗糖(a)、海藻糖(b)和壳聚糖(c)糖源处理对绣球切花脯氨酸含量的影响
Fig. 4 Effects of sucrose(a), trehalose(b) and chitosan(c) sugar source treatment on the proline content of *Hydrangea* cutting

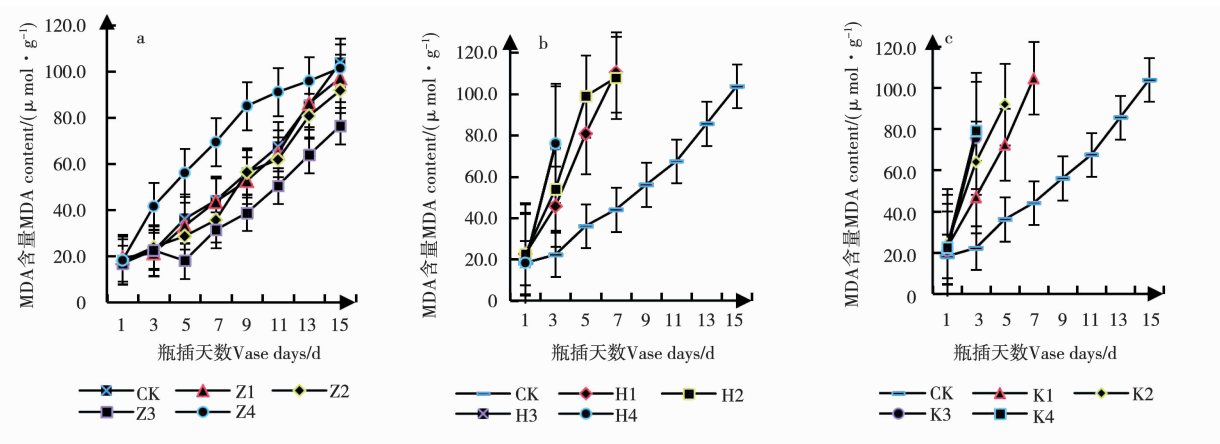


图 5 蔗糖(a)、海藻糖(b)和壳聚糖(c)糖源处理对绣球切花 MDA 含量的影响

Fig. 5 Effects of sucrose(a), trehalose(b) and chitosan(c) sugar source treatment time on the MDA content of *Hydrangea* cutting

2.3 不同外加有机酸对绣球切花保鲜的影响

2.3.1 瓶插寿命、切花级数及形态表现 已有报道认为柠檬酸和水杨酸均有切花保鲜作用,由表 7 可知,本研究柠檬酸处理的最长瓶插天数为 24.67 d,水杨酸的最长瓶插天数为 22.67 d,均高于对照组,说明柠檬酸和水杨酸均有延长绣球切花瓶插寿命的作用。柠檬酸和水杨酸这两种有机酸处理相比,它们对绣球切花瓶插天数的影响差异不显著,尽管经过柠檬酸处理的切花瓶插天数比水杨酸处理的高 2~4 d,但柠檬酸处理的绣球切花,在整个瓶插期间茎都呈绿色的,水杨酸处理的切花茎干会变褐色,说明切花茎干中的酚类等有机物质被环境氧化或被自身代谢的氧自由基氧

化,因而可以说明柠檬酸能增强切花的抗氧化能力,相较水杨酸具有更好的应用价值。

2.3.2 鲜重变化率 由图 6 可知,60 mg·L⁻¹柠檬酸(N3)的最大鲜重变化率为 3.64%,50 mg·L⁻¹水杨酸(S3)的最大鲜重变化率为 3.04%,均显著高于清水对照组。

2.3.3 水分平衡值 从图 7 可以看出,柠檬酸和水杨酸处理中,水分平衡值最高的浓度和鲜重变化率的变化趋势一致,都是柠檬酸 60 mg·L⁻¹的浓度,水杨酸 50 mg·L⁻¹的浓度显著高于对照。

2.3.4 脯氨酸含量 绣球切花体内的脯氨酸增长速率低于对照组绣球切花体内的脯氨酸的增长速率。

表 7 不同有机酸处理对绣球切花瓶插寿命及形态的影响

Table 7 Effects of different organic acids on the vase life and morphology of *Hydrangea* cutting

处理 Processing	瓶插寿命 Vase life	第 15 天切花得分值 Cut flower score value on the 15th day	瓶插时期形态表现 Morphology of vase insertion
CK	15.33±0.58 d	5.00±0.00 a	花瓣边缘卷曲,干枯
N1	16.00±1.00 cd	4.67±0.58 ab	花瓣边缘卷曲,干枯,茎呈鲜绿色
N2	18.67±1.15 b	3.67±1.53 bc	花瓣出现黄斑,边缘卷曲,茎呈鲜绿色
N3	24.67±1.53 a	1.33±0.58 d	花瓣无黄斑,无卷边现象,茎呈鲜绿色
N4	15.67±1.53 d	4.67±0.58 ab	花瓣边缘轻度干枯,茎呈鲜绿色
S1	15.00±1.00 d	4.67±0.58 ab	花瓣边缘卷曲,干枯
S2	18.33±2.08 bc	3.33±0.58 c	花瓣出现黄斑,边缘卷曲
S3	22.67±1.53 a	1.33±1.15 d	花瓣无黄斑,无卷边现象
S4	14.33±1.53 d	4.67±0.58 ab	花瓣干枯,严重脱水,茎轻微变褐

2.3.5 MDA 含量 两种有机酸处理后的绣球切花体内 MDA 含量变化与脯氨酸的变化一致(图 9)。

综上,说明柠檬酸和水杨酸均有使绣球切花增重、延缓切花自身物质消耗速率、保持绣球切花

水分平衡和增加其吸水能力的作用。柠檬酸和水杨酸处理后,。从整个瓶插期间的脯氨酸含量变化和 MDA 含量变化来看,柠檬酸处理组优于水杨酸处理组,也进一步证明了柠檬酸就有更好的保鲜效果。

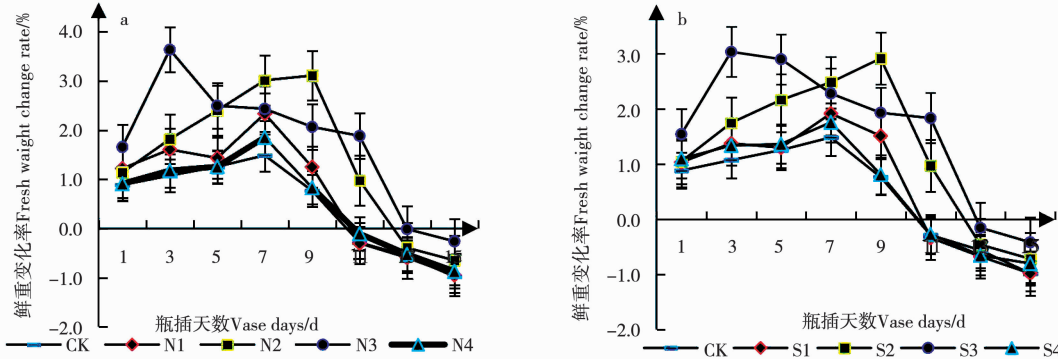


图 6 柠檬酸(a)和水杨酸(b)处理时间对绣球切花鲜重变化率的影响

Fig. 6 Effects of citric acid (a) and salicylic acid(b) treatment time on the change rate of fresh weight of *Hydrangea* cutting

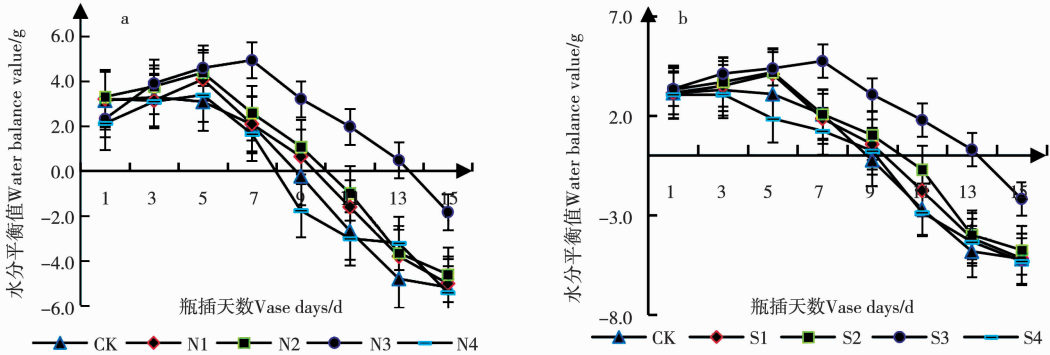


图 7 柠檬酸(a)和水杨酸(b)处理时间对绣球切花水分平衡值的影响

Fig. 7 Effects of citric acid(a) and salicylic acid(b) treatment time on moisture balance of *Hydrangea* cutting

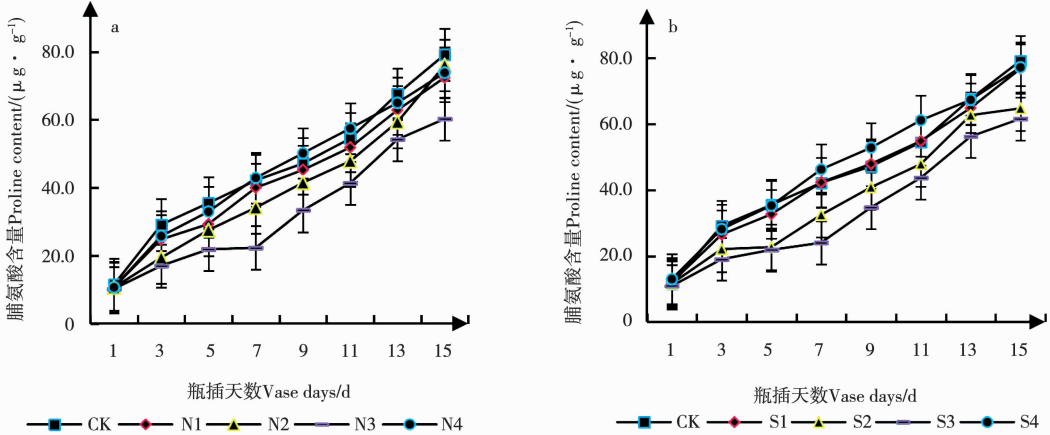


图 8 柠檬酸(a)和水杨酸(b)处理时间对绣球切花脯氨酸含量的影响

Fig. 8 Effects of citric acid (a) and salicylic acid(b) treatment time on the proline content of *Hydrangea* cutting

2.4 乙烯抑制剂不同处理时间对绣球切花保鲜的影响

2.4.1 瓶插寿命、切花级数及形态表现 由表 8 可知,1-MCP 具有显著延长绣球切花瓶插寿命的作用,1-MCP 处理的绣球切花瓶插寿命最长瓶插天数为 29.00 d,比对照组延长 13.67 d。经 1-MCP 不同时间处理,各组之间的瓶插天数也存在

着显著的差异,其中各 M3>M2>M1>M4>CK。1-MCP 处理 3 d 在瓶插期间保持花瓣无明显变化,花枝较为挺拔,说明 M3 处理增强切花的抗氧化能力和保持水分平衡的能力最好。

2.4.2 鲜重变化率 由图 10a 可知,经过 1-MCP 处理的绣球切花鲜重增加量均显著大于对照组,并且鲜重变化率为负数时的瓶插天数均比

对照组延长。

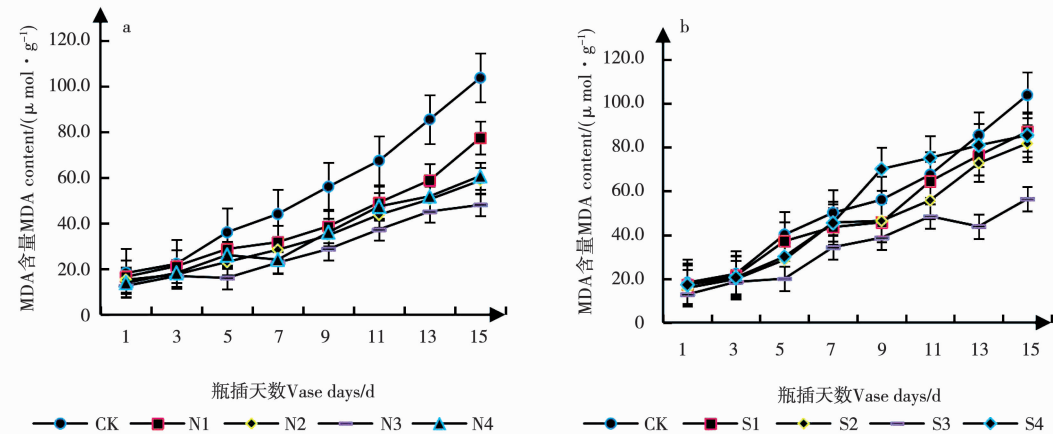


图 9 柠檬酸(a)和水杨酸(b)处理时间对绣球切花 MDA 含量的影响
Fig. 9 Effects of citric acid (a) and salicylic acid(b) treatment time on the MDA content of *Hydrangea* cutting

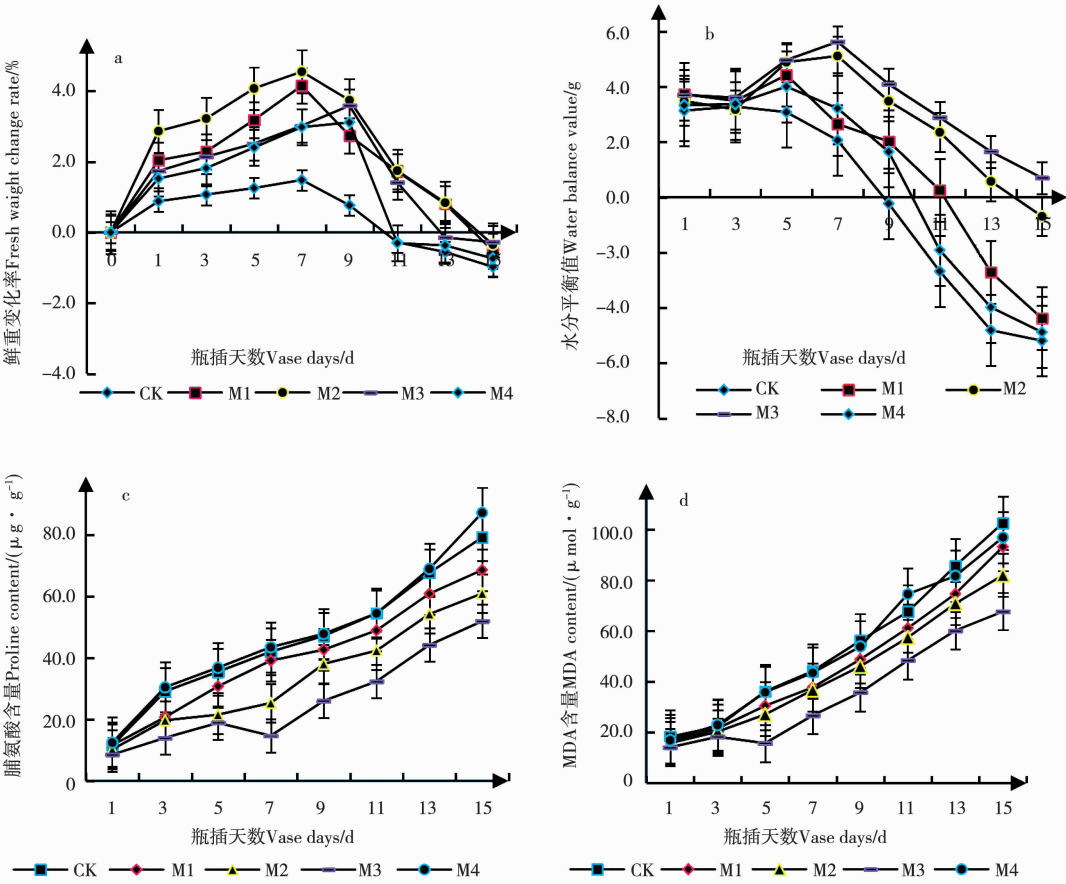


图 10 不同 1-MCP 处理时间对绣球切花鲜重变化率(a)、水分平衡值(b)、脯氨酸含量(c)和 MDA 含量(d)的影响
Fig. 10 Effects of different 1-MCP treatment time on fresh weight change rate (a), water balance value (b), proline content (c) and MDA content (d) of *Hydrangea* cutting

2.4.3 水分平衡值 从图 10b 可以看出,经过 1-MCP 处理 3 d 的切花水分平衡值为 5.63 g,比对照组高 2.34 g,说明 1-MCP 处理能延缓切花自

身物质消耗速率,能帮助其较好的维持自身重量和吸水能力。

2.4.4 脯氨酸含量 相应的,经过 4 个不同 1-

MCP 处理时间的绣球切花瓶插期间的脯氨酸含量均低于对照组,且 M3 处理中,脯氨酸含量累积量最小(图 10c)。

2.4.5 MDA 含量 4 个不同 1-MCP 处理后的绣球切花体内 MDA 含量变化与脯氨酸的变化一致(图 10d)。

表 8 1-MCP 不同处理对绣球切花瓶插寿命及形态的影响

Table 8 Effect of 1-MCP treatment on the vase life and morphology of <i>Hydrangea</i> cutting			
处理 Processing	瓶插寿命 Vase life	第 15 d 时切花得分值 Cut flower score value on the 15th day	瓶插时期形态表现 Morphology of vase insertion
CK	15.33±0.58 e	4.67±0.00 a	花瓣边缘卷曲,干枯
M1	21.00±1.00 c	2.67±0.58 bc	花瓣出现黄点
M2	23.67±1.15 b	1.67±0.58 cd	花瓣无明显黄斑或干枯,花枝挺立
M3	29.00±1.00 a	1.00±0.00 d	花瓣无明显黄斑或干枯,花枝挺立
M4	18.67±1.53 d	3.00±1.00 b	花瓣边缘干枯,出现黄斑

2.5 三种化学试剂二次回归正交旋转试验

二次回归正交旋转设计与传统的正交试验相比,其处理组数少,计算简便,并且统计分析得到的数据包含大量信息,以及得到的回归方程准确性高,与实际试验结果吻合度高。本试验以上述试验结果得出的 3 个试剂的最优处理量(蔗糖 12 g·L⁻¹、柠檬酸 60 mg·L⁻¹以及 1-MCP 处理3 d)为零水平,进行二次回归正交旋转试验,以期得到最适的保鲜处理组合技术。

利用 DPS 数据处理系统软件,根据各因素的编码,对 3 个因素进行编码并进行正交旋转试验设计(表 9、表 10),同时根据设计表进行相关的绣球切花的瓶插试验,以瓶插天数为评价指标,对其进行试验结果统计。采用二次正交旋转组合试验统计方法进行拟合,试验结果见表 10,建立蔗

糖(X_1)、柠檬酸(X_2)、1-MCP 天数(X_3)对瓶插天数(Y)的数学模型回归方程为: $Y = 22.015 - 1.833X_1 - 2.273X_2 - 1.271X_3 + 0.705X_1^2 + 0.705X_2^2 + 2.296X_3^2 - 0.750X_1X_2 + 0.250X_1X_3 + 0.500X_2X_3$ ($R^2 = 0.68$)。

表 9 各因素水平编码

Table 9 Level coding table for each factor			
水平 Level	X_1 蔗糖 Sucrose/ (g·L ⁻¹)	X_2 柠檬酸 Citric acid/ (mg·L ⁻¹)	X_3 1-MCP/d
-1.68	8.36	51.59	2.31
-1.00	10.00	55.00	3.00
0	12.00	60.00	4.00
1.00	14.00	65.00	5.00
1.68	15.36	68.41	5.68

表 10 3 因素二次正交旋转组合试验设计及结果

Table 10 Three-factor quadratic orthogonal rotation combination test design and results									
组别 Number	X_1 蔗糖 Sucrose	X_2 柠檬酸 Citric acid	X_3 1-MCP 1-MCP	天数 Time/d	组别 Number	X_1 蔗糖 Sucrose	X_2 柠檬酸 Citric acid	X_3 1-MCP 1-MCP	天数 Time/d
1	1	1	1	20	13	0	0	1.68	27
2	1	1	-1	22	14	0	0	1.68	25
3	1	-1	1	27	15	0	0	0	23
4	1	-1	-1	31	16	0	0	0	21
5	-1	1	1	26	17	0	0	0	24
6	-1	1	-1	29	18	0	0	0	23
7	-1	-1	1	30	19	0	0	0	21
8	-1	-1	-1	35	20	0	0	0	22
9	1.68	0	0	23	21	0	0	0	20
10	1.68	0	0	20	22	0	0	0	23
11	0	1.68	0	23	23	0	0	0	22
12	0	1.68	0	20					

如表 11 所示,方程失拟项 $F_1 = 11.74 > F_{0.01}(6,9) = 5.80, P = 0.0002$,说明失拟极显著,表明存在未知因素对试验结果产生影响。回归方程的显著性检验 $F_2 = 3.28 > F_{0.05}(9,13) = 2.71, P = 0.04$,说明回归显著,即试验中 3 个试剂对绣

球切花的瓶插天数影响显著。由此可得,以上得到的二次回归方程模型是合适的。除此之外,从表 11 中还可以看出,3 个因素对瓶插天数的效果影响大小顺序为: $X_2 > X_1 > X_3$,即柠檬酸对瓶插天数影响最大,其次是蔗糖,最后是 1-MCP。

表 11 试验结果与方差分析表
Table 11 Test results and analysis of variance table

变异来源 Source of variation	平方和 Sum of square	自由度 df	均方 Mean square	偏相关 Partial correlation	F	P
X ₁	45.9309	1	45.9309	0.5472	5.5554	0.0348
X ₂	70.5738	1	70.5738	0.6296	8.536	0.0119
X ₃	22.0764	1	22.0764	0.4128	2.6702	0.1262
X ₁ ²	7.9165	1	7.9165	0.2619	0.9575	0.3457
X ₂ ²	7.9165	1	7.9165	0.2619	0.9575	0.3457
X ₃ ²	83.8242	1	83.8242	0.6619	10.1386	0.0072
X ₁ X ₂	4.5	1	4.5	0.2005	0.5443	0.4738
X ₁ X ₃	0.5	1	0.5	0.068	0.0605	0.8096
X ₂ X ₃	2	1	2	0.1352	0.2419	0.631
回归	244.4314	9	27.159	F ₂ = 3.28491	0.0401	
剩余	107.4816	13	8.2678			
失拟	94.5927	5	18.9185	F ₁ = 11.74255	0.0002	
误差	12.8889	8	1.6111			
总和	351.913	22				

在 $\alpha = 0.10$ 显著水平下,剔除回归方程中不显著因素,得到简化后的回归方程为:
 $Y = 22.01534 - 1.83391X_1 - 2.27325X_2 + 2.29684X_3^2$ 。当瓶插天数达到最大时,各因素的最高值组合为: $X_1 = -1.6818, X_2 = -1.6818, X_3 = -1.6818$,即蔗糖为 $8.36 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,柠檬酸为 $51.59 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,1-MCP 为 2.31 d。根据回归方程计算得到,在各因素处于最优值时的瓶插天数可达 35.42 d,与实际瓶插天数 35 d 极为接近,进一步验证了回归模型的正确性与合理性。

3 结论与讨论

低温预处理是影响鲜切花采后品质的重要因素。一方面对切花进行预冷处理可以尽快消除花材体内携带的田间热量,另一方面适当时间对切花进行低温预处理,能在很大程度上延长切花的瓶插寿命,增强其观赏品质。周慧等^[7]的研究表明,文心兰预冷 6 h 可使其瓶插寿命延长 14.3 d。黄苏珍等^[8]对荷兰鸢尾花不添加任何化学试剂仅进行预冷处理,可使其瓶插寿命延长

4 d。本研究在 6 ℃ 温度下,对绣球切花进行不同时间梯度的预冷处理。在试验中,预冷处理能增加切花的鲜重,以及更好的维持水分平衡。得到对绣球切花保鲜效果最佳的处理时间为 3 d,当预冷处理时间超过 3 d 后,反而会加速切花的衰老,推测可能是长时间的低温对绣球切花造成了产生了伤害。
蔗糖作为切花保鲜剂最普遍的外源添加糖类,已经有大量研究证实蔗糖对切花有保鲜的多种效应。张林青^[9]在蔗糖对切花月季保鲜效果的研究中表明:经过 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的蔗糖溶液处理的切花月季比清水对照的瓶插寿命长 3 d,并且能有效增强切花月季的吸水效率,增加花枝鲜重,缓解切花水分胁迫。关于海藻糖与壳聚糖在切花的保鲜研究中,马少敏等^[10]在关于海藻糖对月季切花的抗衰保鲜研究中表明,5% 的海藻糖作为月季切花的瓶插液可通过稳定其细胞膜来实现抗衰保鲜作用。李欣等^[11]在牡丹切花保鲜剂研究中表示, $4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的壳聚糖涂膜处理可减缓花瓣中的可溶

性蛋白降解和细胞质膜的损伤,能使瓶插天数与对照相比延长 3 d。在本试验中,绣球切花经 $12 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖处理后,瓶插天数可高达 22 d,相应的生理生化指标也优于对照组。但是经过海藻糖和壳聚糖处理后,绣球切花表现出提前萎蔫的现象,并且经海藻糖处理“雪球”绣球切花后,花瓣会由纯白色转变为粉色,与月季和牡丹等切花试验结果不符,此结果可能是由于切花物种差异原因,海藻糖和壳聚糖对绣球切花内部环境造成紊乱或伤害。

有机酸能降低瓶插液中的 pH,抑制瓶插液中的微生物繁殖,防止花枝导管阻塞;还能改善木质部导管对水分、养分的传导,使切花维持大量的水分吸收能力,从而保持切花的水分平衡延缓凋萎。本试验中,预处理液中加入不同浓度的柠檬酸和水杨酸,从瓶插天数来看, $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 柠檬酸 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 水杨酸的瓶插天数分别是 24.67 和 22.67 d,两者之间并没有显著差异。但从瓶插时期的形态表现来看,柠檬酸处理的切花花茎呈鲜绿色而水杨酸的花径出现轻微褐变,并且从鲜重变化率、水分平衡值、脯氨酸含量和 MDA 这四个生理指标来看,柠檬酸的整体状态要优于水杨酸。

1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)是美国研究开发的新型乙烯受体抑制剂,其有效浓度低、高效、环保、成本低^[12]。在蝴蝶兰、荷花、月季等等乙烯敏感型切花上进行过研究,经过 1-MCP 处理 12 h 的月季^[13],花瓣几乎无蓝化现象,很大程度上提高了其观赏品质。

蔗糖、柠檬酸和 1-MCP 二次正交回归试验中,其最优处理组的瓶插天数为 35 d,长于任一单一试剂处理的瓶插天数,说明 3 个试剂间存在互作效应,组合使用能增强其保鲜效果。

本文得出的主要研究结论是经 $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温处理

3 d;以及 $8.36 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖, $51.59 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 柠檬酸和 1-MCP 处理 2.31 d,能最大限度的延长绣球切花的保鲜时间。

参考文献:

- [1] 陆继亮. 绣球已成云南第六大鲜切花[J]. 中国花卉园艺, 2016, 12 (19): 39.
- [2] 王凤兰, 张昭其. 切花花瓣衰老机理研究进展[J]. 浙江农业报, 2011, 23(5): 1063-1068.
- [3] 吴文杰, 林少峰, 陈荣顺, 等. 8-HQ 瓶插液保鲜绣球花效应的研究[J]. 现代园艺, 2017, 21(5): 7-9.
- [4] 王培. 八仙花切花不同商品肥料应用及保鲜技术研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2014.
- [5] Ku B S, Cho M S. Vase life and quality as affected by various holding solution of cut *Hydrangea macrophylla* [J]. Plant Science Journal, 2014, 22(1): 12-20.
- [6] 高俊平. 观赏植物采后生理与技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [7] 周慧, 林明光, 潘英文, 等. 冰袋预冷处理对文心兰鲜切花瓶插寿命及生理指标的影响[J]. 北方园艺, 2016, 32(8): 118-121.
- [8] 黄苏珍, 郭维明, 韩玉林, 等. 切花荷兰鸢尾(*Iris xiphium* L. var. *hybridum*)低温处理与保鲜[J]. 植物资源与环境学报, 2003, 12(1): 50-55.
- [9] 张林青. 蔗糖对切花月季保鲜效果的影响[J]. 北方园艺, 2013(14): 146-148.
- [10] 马少敏, 王荣辉, 兰瑛, 等. 海藻糖对月季切花的抗衰保鲜作用研究[J]. 园艺与种苗, 2011(4): 94-97.
- [11] 李欣, 张战, 王婷, 等. 壳聚糖涂膜保鲜剂对牡丹切花保鲜效应的研究[J]. 北方园艺, 2011(2): 168-170.
- [12] Song J Y, Zhang X. Effects of 1-MCP on florescence and senescence of oriental lily[J]. Plant Science Journal, 2010, 28(1): 109-113.
- [13] 薛璟祺, 杨丰, 左志锐, 等. 乙烯和 1-MCP 的竞争性作用对月季花器官乙烯生成量及相关基因表达的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(2): 311-316.

Study on Technology of Postharvest Preservation of the Cut Flower of *Hydrangea macrophylla*

YANG Jing-ya^{1,2}, ZHAO Yan-juan¹, ZHANG Jing¹, HUANG Li-yu¹

(1. School of Agriculture, Yunnan University, Kunming 650091, China; 2. Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Science, Kunming 650201, China)

Abstract: In order to prolong the vase time and improve the quality of *Hydrangea* cutting, this study took “snowball” *Hydrangea* cutting as the test material, treated with precooling and chemical reagents such as sugar source, inorganic salt and ethylene inhibitor. By measuring the vase time, fresh weight change rate, water balance value, proline content and malondialdehyde content of *Hydrangea* cutting, the single factor and different treatment methods were studied (concentration, time gradient) on the fresh-keeping effect of *Hydrangea*