

CPPU处理对‘华优’猕猴桃品质及耐贮性的影响

王 玮, 何宜恒, 李 桦, 梁春强, 饶景萍*

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 以‘华优’猕猴桃为试材, 于盛花后15 d分别用10、20 mg/L氯吡苯脲(1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea, CPPU)浸蘸猕猴桃幼果, 清水作为对照, 研究不同质量浓度CPPU处理对采后‘华优’果实的品质和耐贮性影响。结果表明: CPPU处理能有效增大果实单果质量, 且增幅与CPPU使用质量浓度呈正比, 但CPPU处理不同程度降低了果实外观品质(果形指数)和风味营养品质含量(干物质含量、可溶性总糖含量、糖酸比、VC含量), 20 mg/L处理时负面影响最为严重。CPPU处理降低了果实耐贮性, 贮藏过程中, 20 mg/L处理其呼吸速率、乙烯释放速率、膜损伤程度高于其他处理, 果实冷敏性提高, 冷害率、冷害指数显著高于对照, 贮藏90 d后果实质量损失率高, 好果率低。10 mg/L处理对果实品质、耐贮性损害显著小于20 mg/L但大于对照。

关键词: 猕猴桃; 氯吡苯脲; 质量浓度; 品质; 贮藏

Effect of 1-(2-Chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea (CPPU) Treatment on Postharvest Fruit Quality and Storability in ‘Huayou’ Kiwifruit

WANG Wei, HE Yiheng, LI Hua, LIANG Chunqiang, RAO Jingping*

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: The effect of forchlorfenuron (CPPU) treatment on postharvest fruit quality and storability in ‘Huayou’ kiwifruit was studied by dipping young fruit with 10 and 20 mg/L CPPU at 15 days after full bloom when dipping with water was set as control. Results showed that CPPU enlarged fruit size and that the fruit weight was proportional to the concentration of CPPU. However, CPPU treatment reduced the appearance quality (fruit shape index) and flavor and nutritional quality (dry matter content, total soluble sugar, sugar/acid ratio, and VC content) of fruit to varying degrees. CPPU treatment at 20 mg/L had the most serious negative impacts. During storage, respiratory rate, ethylene production rate and the degree of membrane damage in 20 mg/L treatment were higher than in other treatments. Kiwifruits after 20 mg/L CPPU treatment were more sensitive to chilling stress and their chilling injury index and chilling injury incidence were significantly higher than those of the control, and the treated fruits also had lower marketable fruit percentage and higher weight loss after 90 day of storage at low temperature. The 10 mg/L treatment caused less damage to fruit quality and storability than 20 mg/L treatment but caused more significant damage than the control.

Key words: kiwifruit; 1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea (CPPU); concentration; quality; storage

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606047

中图分类号: S609.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 06-0261-06

引文格式:

王玮, 何宜恒, 李桦, 等. CPPU处理对‘华优’猕猴桃品质及耐贮性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 261-266.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606047. <http://www.spkx.net.cn>

WANG Wei, HE Yiheng, LI Hua, et al. Effect of 1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea (CPPU) treatment on postharvest fruit quality and storability in ‘Huayou’ kiwifruit[J]. Food Science, 2016, 37(6): 261-266. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606047. <http://www.spkx.net.cn>

猕猴桃因美味可口、营养丰富深受人们喜爱。但在自然栽培条件下, 一般果个较小、单产较低。猕猴桃是典型的呼吸跃变型果实, 同时也是冷敏型果实, 常温

条件下软化快; 冷藏可以延长其采后贮藏期但易发生冷害, 库损严重^[1]。氯吡苯脲(1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea, CPPU)又名氯吡脲、KT30S等, 是一种细

收稿日期: 2015-06-29

基金项目: 陕西省科技统筹创新工程计划项目(2012KTJD03-05)

作者简介: 王玮(1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为采后生理及贮藏保鲜。E-mail: wangwei90825@163.com

*通信作者: 饶景萍(1957—), 女, 教授, 硕士, 研究方向为采后生理及贮藏保鲜。E-mail: dq0723@163.com

胞分裂素类的植物生长调节剂,具有增加单果质量、提高座果率、诱导单性结实等作用^[2],自20世纪90年代起应用于猕猴桃生产,对增大果实、提高产量的效果显著^[3]。然而,高质量浓度的CPPU引发果实畸形,降低果实的风味品质及耐贮性的负面效应不容忽视^[4]。滥用CPPU导致主产区猕猴桃价格狂跌,贮藏期间冷害严重,“烂库”现象普遍发生,销售损耗率高达30%~40%^[5]。

据统计,目前中国的猕猴桃栽培面积和产量居世界第一位,然而果实的品质与新西兰、意大利、智利等生产强国还有较大差距^[6]。笔者在陕西省主产区眉县、周至县等地走访调查发现,在猕猴桃栽培管理过程中CPPU的使用仍缺乏科学规范,多数果农依靠经验,使用质量浓度过高仍很普遍。

调查还发现,与其他品种不同的是‘华优’猕猴桃在用CPPU处理后,部分果实会出现果心空腔,畸形果率高,且发生率与使用质量浓度关系密切。因此,本实验选用‘华优’猕猴桃为试材,研究了不同质量浓度CPPU处理对猕猴桃果实质量、采后品质及耐贮性的影响,以期CPPU在猕猴桃生产中的合理应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验于2014年6月1日(猕猴桃盛花后15 d)在陕西省眉县青化村一管理良好的果园进行。试材品种为6 a生‘华优’,供试植株生长健壮,树势基本一致。

CPPU(农药登记证号:PD20070455;有效成分含量0.1%) 四川省兰月科技有限公司。

1.2 仪器与设备

FT-327型果实硬度计 意大利Effegi公司;PAL-1手持式糖度计 日本Atago公司;KMF835水果酸度计 韩国G-WON公司;Telaire-7001型CO₂分析仪 美国Telaire公司;Trace GC Ultra型气相色谱仪 美国Thermo Scientific公司;DDS-320电导率仪 上海康仪公司;CR-400色差计 日本美能达公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

实验设置3个区组,每8株树为一个小区,区组内随机排列,每区组3个重复。分别采用前人研究^[7]的猕猴桃上的适宜质量浓度10 mg/L、经调查目前生产中使用最广泛的质量浓度20 mg/L的CPPU溶液浸蘸猕猴桃幼果,使溶液浸没幼果及果萼,蘸果时间2~3 s,清水处理作为对照。供试树的栽培管理与园中其他树相同,按常规方法进行。

在果实平均可溶性固形物含量达到6.5%~7.5%时,小区内混合采收。选取成熟度一致、无病虫害、无

机械损伤的果实当天运回实验室,各处理按单果质量进行分级,选取具代表性的实验用果。于采收当天从每重复中随机取20个果进行单果质量、横径、纵径、干物质含量、果实空心率等指标的测定。其他果实入(0±1)℃、相对湿度(90±5)%的冷库贮藏。贮藏过程中每10 d取样进行相关指标的测定,并留样液氮速冻保存于-80℃的超低温冰箱中用于丙二醛含量的测定。同时,每重复取30个果实移至20℃室温条件下,放置5 d模拟货架期,统计冷害率及冷害指数。贮藏结束时,取样测定品质相关指标。入贮时从每重复中随机抽取100个果,用于出库时统计质量损失率和好果率。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 品质指标测定

单果质量和果实纵径、横径分别采用电子天平和游标卡尺测定,果形指数为纵径与横径比值;干物质含量采用烘干法测定;果肉硬度和可溶性固形物含量分别用硬度计和手持测糖仪测定;可溶性总糖含量测定用蒽酮比色法;VC含量的测定参照曹建康等^[8]研究,用2,6-二氯酚酚滴定法,以还原型抗坏血酸计,单位为mg/100 g;可滴定酸含量用水果酸度计测定;内果皮色度用色差计测定,将果实横切后测定,L*值代表果肉亮度,能反映果实褐变及成熟衰老情况^[9]。

畸形果率和果实空心率计算如式(1)、(2)所示:

$$\text{畸形果率}/\% = \frac{\text{果实畸形数量}}{\text{统计总果实数量}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{果实空心率}/\% = \frac{\text{横切后果心出现空洞的果实数量}}{\text{统计总果实数量}} \times 100 \quad (2)$$

1.3.2.2 贮藏性指标测定

质量损失率和好果率计算如式(3)、(4)所示:

$$\text{质量损失率}/\% = \frac{\text{入库时果实质量} - \text{出库时果实质量}}{\text{入库时果实质量}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{好果率}/\% = \frac{\text{完好的果实数(无冷害症状和软烂现象)}}{\text{统计总果实数量}} \times 100 \quad (4)$$

呼吸速率和乙烯释放速率的测定均参照董晓庆等^[10]的方法,分别使用红外CO₂分析仪和气相色谱仪;相对膜透性参照姚丹等^[11]的方法,使用电导率仪测定;丙二醛含量的测定参照曹建康等^[8]的方法。

1.3.2.3 冷害指标测定

冷害指数和冷害率的测定均参照马秋诗等^[12]的方法。

1.4 数据处理

实验数据采用Excel 2007进行作图分析;SPSS 17.0软件进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 CPPU处理对采后‘华优’猕猴桃品质的影响

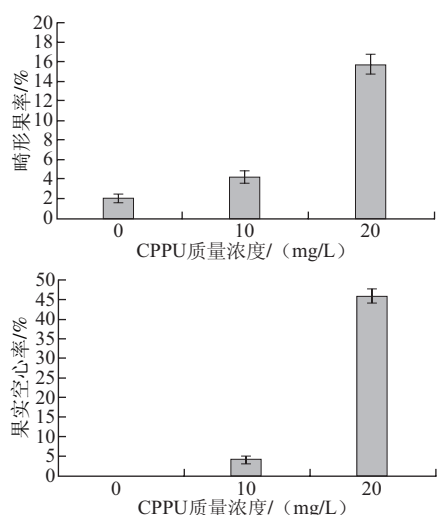


图1 CPPU处理对‘华优’畸形果率和果实空心率的影响

Fig.1 Effect of CPPU treatment on abnormal fruit rate and fruit hollow core rate of ‘Huayou’ kiwifruit

由图1可知, 20 mg/L处理的畸形果率和果实空心率显著高于其他处理 ($P<0.05$), 对照的畸形果率最低且没有出现果心空腔现象。

表1 CPPU处理对‘华优’果实外观品质和干物质含量影响

Table 1 Effects of CPPU treatment on exterior quality and dry matter content of ‘Huayou’ fruit

CPPU质量浓度/(mg/L)	单果质量/g	质量增加率/%	横径/mm	纵径/mm	果形指数	干物质含量/%
0	93.54 ^c	0	50.01 ^a	62.87 ^c	1.26 ^a	17.68 ^a
10	118.86 ^b	27.07	56.38 ^b	67.07 ^b	1.19 ^b	16.65 ^b
20	136.05 ^a	45.45	64.10 ^c	72.08 ^a	1.12 ^c	15.55 ^c

注: 同列不同字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

由表1可知, CPPU对‘华优’果实质量增加效果显著, 且单果质量随着使用质量浓度增大而增大, 20 mg/L处理较对照增加45.45%。果实外观方面, CPPU处理促进了果实横径的增长, 果形指数随着CPPU质量浓度的增大而下降, 各处理间差异显著 ($P<0.05$)。此外, CPPU处理降低了果实的干物质含量, 20 mg/L处理较对照低12.05%。

表2 CPPU处理对‘华优’果实品质的影响

Table 2 Effects of CPPU treatment on quality of ‘Huayou’ fruit during storage

贮藏时间/d	CPPU质量浓度/(mg/L)	硬度/(kg/cm ²)	可溶性固形物含量/%	可滴定酸含量/%	可溶性总糖含量/%	糖酸比	VC含量/(mg/100 g)	L*值
0	0	10.68 ^a	6.7 ^a	1.42 ^c	5.02 ^a	3.54 ^a	80.28 ^a	75.92 ^a
	10	9.81 ^b	7.1 ^a	1.50 ^c	5.18 ^a	3.45 ^b	78.79 ^a	75.25 ^a
	20	10.02 ^b	6.8 ^a	1.71 ^b	4.70 ^b	2.75 ^c	72.40 ^b	75.94 ^a
90	0	2.10 ^a	14.8 ^a	0.91 ^a	13.64 ^a	15.00 ^a	52.18 ^a	55.22 ^a
	10	1.92 ^a	14.4 ^a	0.89 ^a	12.90 ^b	14.49 ^b	52.20 ^a	52.22 ^b
	20	2.43 ^a	13.8 ^b	0.90 ^a	12.28 ^c	13.64 ^c	43.82 ^b	47.12 ^c
90+5	0	1.62 ^a	15.1 ^a	0.86 ^a	13.80 ^a	16.05 ^a	51.02 ^a	53.89 ^a
	10	1.26 ^b	14.6 ^b	0.84 ^a	12.94 ^b	15.40 ^b	48.69 ^a	51.26 ^b
	20	0.74 ^c	13.8 ^c	0.87 ^a	12.62 ^c	14.51 ^c	42.26 ^b	45.58 ^c

注: “+5”表示贮藏时间后的5 d货架期。

由表2可知, 采收时CPPU处理的硬度显著低于对照, 出库常温条件下5 d货架期后, 10、20 mg/L处理的硬度分别低于对照22.22%和54.32%。出库后, 果实可溶性固形物含量、可溶性总糖含量、糖酸比均随着CPPU使用质量浓度的上升而下降, 20 mg/L处理的VC含量最低, 较采收时降幅最大; CPPU处理提高了可滴定酸含量, 但经过90 d贮藏后处理间无显著差异; 各处理果肉的初始L*值基本一致, 贮藏结束时差异显著 ($P<0.05$), 说明贮藏过程中, 20 mg/L处理果肉褐变程度最高, 果肉亮度最低。上述结果表明, CPPU处理显著增大猕猴桃单果质量的同时, 不同程度地降低了果实外观品质和风味营养品质, 高质量浓度CPPU处理带来的负面影响更为严重。

2.2 CPPU处理对采后‘华优’猕猴桃耐贮性的影响

2.2.1 CPPU处理对‘华优’果实贮藏期间质量损失率 and 好果率的影响

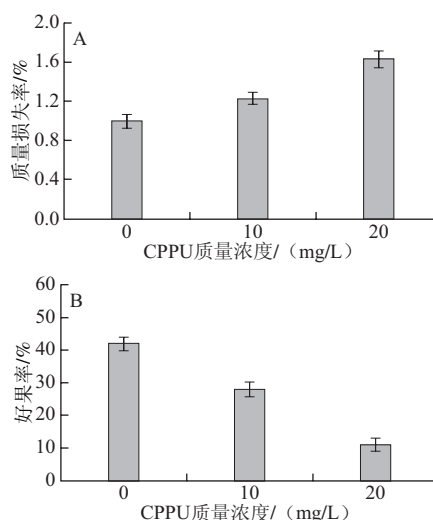


图2 CPPU处理对90 d贮藏结束时‘华优’果实质量损失率(A)和好果率(B)的影响

Fig.2 Effect of CPPU treatment on weight loss rate (A) and marketable fruit percentage (B) of ‘Huayou’ kiwifruit after 90-day low temperature storage

(0 ± 1) °C贮藏90 d后, CPPU处理显著提高了果实质量损失率 ($P<0.05$), 且以20 mg/L处理的质量损失率最高(图2A)。出库时, 对照的好果率最高, 10 mg/L处理次之, 20 mg/L处理最低, 且三者间差异显著 ($P<0.05$) (图2B)。

2.2.2 CPPU处理对‘华优’果实冷害的影响

‘华优’果实采后冷敏性强, 低温条件下易发生冷害, 且冷害症状待移置20 °C后熟时才逐步表现^[1]。0 °C贮藏不同时间后于20 °C条件下放置5 d, 如图3A所示, CPPU处理果于贮藏第50天时开始出现冷害, 较对照果提前10 d。冷藏过程中, 处理与对照的冷害率和冷害指数均随着时间的延长而升高, 20 mg/L处理的冷害率始终显著

高于同期其他处理 ($P<0.05$), 对照的冷害率最低。如图3B所示, CPPU处理的冷害指数始终高于对照, 70 d后三者差异显著 ($P<0.05$)。由此可见, CPPU处理提高了果实的冷敏性, 质量浓度越高影响越大。

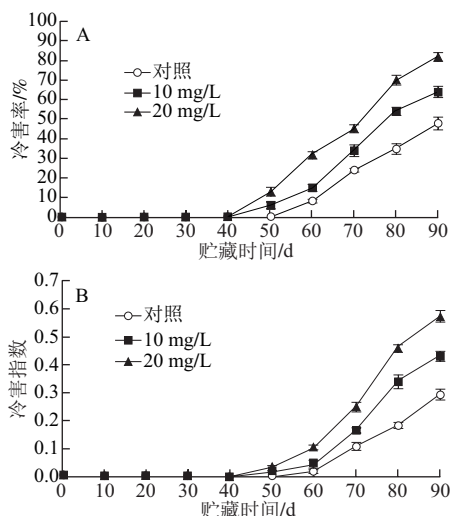


图3 CPPU处理对‘华优’果实冷害率(A)和冷害指数(B)的影响
Fig.3 Effect of CPPU treatment on chilling injury incidence (A) and chilling injury index (B) of ‘Huayou’ kiwifruit

2.2.3 CPPU处理对‘华优’果实采后硬度和可溶性固形物含量的影响

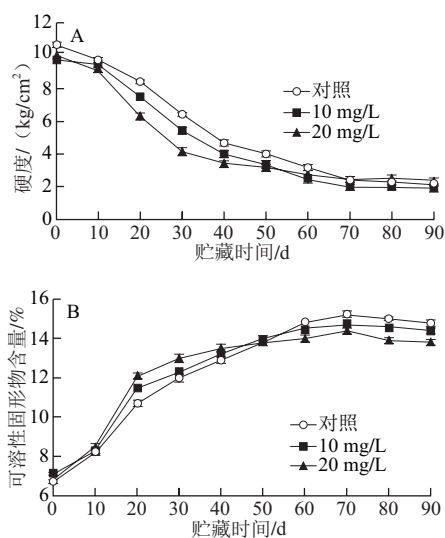


图4 CPPU处理对‘华优’硬度(A)和可溶性固形物含量(B)的影响
Fig.4 Effect of CPPU treatment on firmness (A) and SSC (B) of ‘Huayou’ kiwifruit

果实的硬度和可溶性固形物含量不仅能评价果实品质, 同时也是反映果实耐贮性的重要指标^[12]。由图4A可知, CPPU处理和对照的果实硬度都随着贮藏时间延长而下降, 贮藏前期(10~50 d), 20 mg/L处理软化速率快于10 mg/L处理和对照, 三者之间存在显著差异

($P<0.05$), 50 d后20 mg/L处理硬度下降缓慢, 贮藏结束时CPPU处理与对照差异不显著, 可能是由于冷害产生的木质化组织影响果实的硬度。图4B显示, 随着贮藏时间延长, 果实的可溶性固形物含量不断上升, 贮藏末期略有下降。贮藏前期(10~40 d), CPPU处理的可溶性固形物含量高于对照, 可能是由于CPPU处理果实软化速率较快, 促进淀粉向可溶性糖转化, 70 d起至贮藏结束, 对照的可溶性固形物含量显著高于CPPU处理, 两处理间也差异显著 ($P<0.05$)。

2.2.4 CPPU处理对‘华优’果实采后呼吸速率和乙烯释放速率的影响

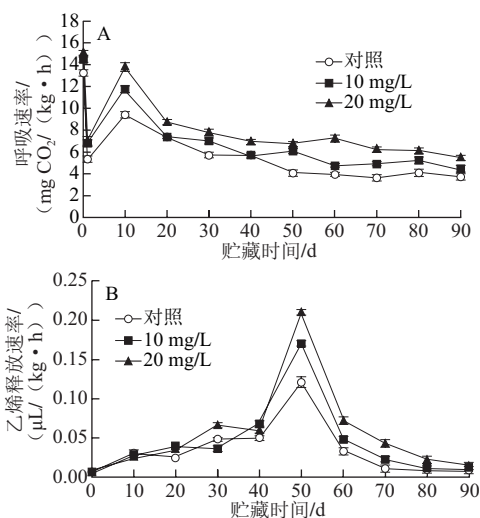
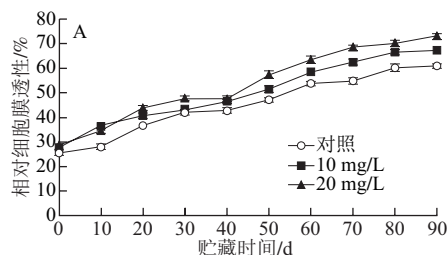


图5 CPPU处理对‘华优’呼吸速率(A)和乙烯释放速率(B)的影响
Fig.5 Effect of CPPU treatment on respiratory rate (A) and ethylene production rate (B) of ‘Huayou’ kiwifruit

由图5A可知, 整个贮藏期间20 mg/L处理的呼吸强度始终最高, 与对照差异最大, CPPU处理与对照均于冷藏10 d时出现呼吸高峰, 10、20 mg/L处理的呼吸峰值分别较对照高24.58%、46.19%, 三者间差异显著 ($P<0.05$)。由图5B可知, 各处理乙烯释放速率呈先上升后下降的趋势, 且均于50 d时达到高峰, 处理间峰值差异显著 ($P<0.05$)。对照的乙烯释放速率一直保持较低水平, 50 d后20 mg/L处理的乙烯释放速率高于同期10 mg/L处理。

2.2.5 CPPU处理对‘华优’果实相对细胞膜透性和丙二醛含量的影响



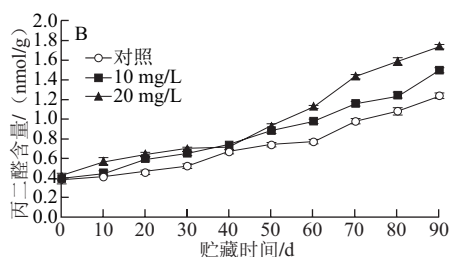


图6 CPPU处理对‘华优’相对细胞膜透性(A)和丙二醛含量(B)的影响

Fig.6 Effect of CPPU treatment on membrane permeability (A) and malondialdehyde content (B) of ‘Huayou’ kiwifruit

整个贮藏期间, 相对细胞膜透性与丙二醛含量均随着贮藏时间延长而上升(图6)。20 mg/L处理的相对细胞膜透性和丙二醛含量始终高于其他处理, 贮藏60 d后各处理间差异显著($P < 0.05$)。贮藏结束时, 10 mg/L处理和20 mg/L处理的相对细胞膜透性(丙二醛含量)分别较对照提高9.58% (20.97%); 20.05% (40.32%)。上述表明, 随着CPPU使用质量浓度的增加, 由低温导致的膜损伤加剧。

3 讨论

CPPU的作用效果因作物种类、施用质量浓度的不同而存在差异。多种作物上的实验结果表明: 过高质量浓度的CPPU会引起果实畸形、风味营养品质降低^[13-15]。

有关猕猴桃的报道^[16]称, 低质量浓度(5 mg/L)的CPPU处理能改善猕猴桃果形, 提高营养品质; 高质量浓度CPPU处理膨大效果更显著却使风味营养品质变劣, 而饶景萍等^[7]发现, CPPU质量浓度过低对猕猴桃果实膨大效果并不显著, 故本实验未设置5 mg/L质量浓度处理。本实验中, CPPU能显著促进‘华优’果实膨大, 且增幅随着CPPU使用质量浓度的上升而增大, 但CPPU处理果的外观品质和风味营养品质却显著低于对照, 且20 mg/L处理的负面影响尤为严重。高质量浓度CPPU促进果实细胞加快分裂和分化的过程中, 纤维素、果胶质等细胞骨架构成物质生成转化有限^[16], 这可能是20 mg/L处理导致果实畸形率明显上升的原因之一。本实验中CPPU处理降低了采收时‘华优’果实干物质含量, 这与在‘海沃德’猕猴桃^[17]上的研究结果一致, 由此推测CPPU可能影响果实发育过程中水分和干物质的吸收比例^[18]。

值得注意的是, 本实验中CPPU处理果较对照提前10 d达到采收标准(果实可溶性固形物达6.5%~7.5%), 这与人^[19]提出CPPU能促进果实早熟的结论相符。为避免成熟度差异对实验结果的影响, CPPU处理和对照分别适期采收入库。

冷敏型植物在低温胁迫下, 细胞膜结构最先损伤,

随着膜功能丧失活性氧代谢失调, 启动膜脂过氧化生成丙二醛, 进一步加剧冷害^[20]。相对细胞膜透性和丙二醛能反映逆境条件下细胞膜损伤程度。本实验中, 20 mg/L处理的相对细胞膜透性和丙二醛含量最高, 说明冷害使其膜结构受损严重, 胞内代谢紊乱, 而对照膜脂过氧化程度较轻, 进而抗冷能力提高, 与郭叶等^[21]在‘徐香’猕猴桃上的研究结果一致。冷敏植物在低温胁迫下, 呼吸速率的提高可能预示着冷害即将发生, 且冷害发生前期伴随着大量乙烯生成^[22]。本实验中, 贮藏第10天出现的呼吸高峰可视为冷刺激诱导的自我保护反应^[23]; 伴随着冷害发生20 mg/L处理乙烯释放速率最高, 从而加剧冷害的发生。

果实采收时的品质与采后耐贮性密切相关^[24]。含水量高、干物质含量低的果实在贮藏过程中生理代谢旺盛, 货架期较短, 这在枇杷^[25]、苹果^[26]上均有报道。本实验中, CPPU处理降低了果实干物质积累、提高了含水量, 因而果实具有较高的代谢活性, 果实硬度下降快、呼吸代谢旺盛、贮藏结束时质量损失率高, 好果率低。可溶性固形物能通过调节细胞渗透势降低冰点, 提高果实耐冷性^[27], 其中糖分代谢除了供能还参与胁迫下活性氧清除的信号转导和基因调控, 诱导果实抗性^[28]。在猕猴桃^[1]、柑橘^[23]研究中均发现低温胁迫下, 果实冷害程度与其可溶性固形物含量呈负相关。在本实验中, 贮藏后期CPPU处理的可溶性固形物含量和可溶性总糖含量均显著低于对照, 因而冰点升高, 对低温敏感性强, 其中20 mg/L处理的冷害程度最严重, 冷害发生提前且贮藏结束时果肉木质化严重, 丧失商品价值。

4 结论

综上所述, 高质量浓度CPPU处理能显著提高‘华优’果实单果质量但易造成果实畸形、空心, 且对果实外观品质、风味营养品质、采后耐贮性负面影响较大, 贮藏结束时库损严重; 10 mg/L处理显著提高单果质量且对果实品质、耐贮性的影响较小。因此, 使用10 mg/L CPPU处理‘华优’较为适宜, 一味追求大果而使用高质量浓度CPPU会降低猕猴桃商品价值。

参考文献:

- [1] 王玉萍, 饶景萍, 杨青珍, 等. 猕猴桃3个品种果实耐冷性差异研究[J]. 园艺学报, 2013, 40(2): 341-349.
- [2] 高金山, 边庆华, 张永忠, 等. 细胞分裂素CPPU的研究进展[J]. 农药, 2006, 45(3): 151-154. DOI:10.3969/j.issn.1006-0413.2006.03.003.
- [3] BLANK R H, RICHARDSON A C, OSHIMA K, et al. Effect of a forchlorfenuron dip on kiwifruit fruit size[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 1992, 20(1): 73-78. DOI:10.1080/01140671.1992.10422328.

- [4] 费学谦, 方学智, 丁明, 等. 不同浓度CPPU处理对中华猕猴桃生长与营养品质的影响[J]. 农业环境科学学报, 2008(增刊1): 30-33. DOI:10.3321/j.issn:1672-2043.2005.z1.008.
- [5] 张计育, 莫正海, 黄胜男, 等. 21世纪以来世界猕猴桃产业发展以及中国猕猴桃贸易与国际竞争力分析[J]. 中国农学通报, 2014, 30(23): 48-55. DOI:10.11924/j.issn.1000-6850.2013-2887.
- [6] 刘兴华, 郭井泉, 罗宏伟, 等. 果实膨大剂对陕西省猕猴桃产业负效应的调查分析[J]. 保鲜与加工, 2004, 4(1): 30-32. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2004.01.012.
- [7] 饶景萍, 小原均, 松井弘之, 等. 猕猴桃果实发育生理研究. KT-30处理对猕猴桃果实膨大的影响[J]. 日本千叶大学学报, 1991, 44(1): 263-267.
- [8] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 101-144.
- [9] 张伟. 不同化学处理对黄花梨和猕猴桃果实的保鲜效果研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2014.
- [10] 董晓庆, 饶景萍, 田改妮, 等. 草酸复合清洗剂对红富士苹果贮藏品质的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(4): 577-582. DOI:10.3321/j.issn:0513-353X.2009.04.018.
- [11] 姚丹, 潘多军, 刘翔, 等. 番茄果实组织在衰老和热胁迫中死亡率及DNA片段化的测定[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(3): 440-444.
- [12] 马秋诗, 饶景萍, 李秀芳, 等. 贮前热水处理对‘红阳’猕猴桃果实冷害的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(14): 256-261. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201414049.
- [13] 程云, 汪良驹, 聂赞. 添加佐剂对CPPU处理的翠冠梨果实生长与品质的影响[J]. 果树学报, 2007, 24(3): 365-368. DOI:10.3969/j.issn.1009-9980.2007.03.021.
- [14] 朱敏, 邓穗生, 麦贤家, 等. GA3和CPPU对海南贵妃杧产量和果实品质的影响[J]. 热带作物学报, 2014, 35(9): 1784-1790. DOI:10.3969/j.issn.1000-2561.2014.09.021.
- [15] 李运合, 孙光明. 喷施外源CPPU和GA对菠萝果实品质的影响[J]. 热带作物学报, 2009(9): 1252-1255. DOI:10.3969/j.issn.1000-2561.2009.09.006.
- [16] 方学智, 费学谦, 丁明. CPPU处理对不同品种猕猴桃风味与营养品质的影响[J]. 浙江农业科学, 2006(5): 530-532. DOI:10.3969/j.issn.0528-9017.2006.05.017.
- [17] PATTERSON K J, MASON K A, GOULD K S. Effects of CPPU (*N*-(2-chloro-4-pyridyl)-*N'*-phenylurea) on fruit growth, maturity, and storage quality of kiwifruit[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 1993, 21(3): 253-261. DOI:10.1080/01140671.1993.9513777.
- [18] MOUSAWINEJAD S, NAHANDI F Z, BAGHALZADEH A. Effects of CPPU on size and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits[J]. International Journal of Farming and Allied Sciences, 2014, 3(8): 930-934.
- [19] ANTOGNOZZI E, BATTISTELLI A, FAMIANI F, et al. Influence of CPPU on carbohydrate accumulation and metabolism in fruits of *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) [J]. Scientia Horticulturae, 1996, 65(1): 37-47. DOI:10.1016/0304-4238(95)00852-7.
- [20] SEVILLANO L, SANCHEZ-BALLESTA M T, ROMOJARO F, et al. Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2009, 89(4): 555-573. DOI:10.1002/jsfa.3468.
- [21] 郭叶, 王亚萍, 费学谦, 等. 不同浓度CPPU处理对“徐香”猕猴桃贮藏生理和品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 324-327.
- [22] WOOLF A B, BALL S, SPOONER K J, et al. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon ‘Fuyu’ during storage by dry air heat treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 1997, 11(3): 155-164. DOI:10.1016/S0925-5214(97)00024-0.
- [23] GHASEMNEZHAD M, MARSH K, SHILTON R, et al. Effect of hot water treatments on chilling injury and heat damage in ‘Satsuma’ mandarins: antioxidant enzymes and vacuolar ATPase, and pyrophosphatase[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(3): 364-371. DOI:10.1016/j.postharvbio.2007.09.014.
- [24] BURDON J, LALLU N, FRANCIS K, et al. The susceptibility of kiwifruit to low temperature breakdown is associated with pre-harvest temperatures and at-harvest soluble solids content[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43(3): 283-290. DOI:10.1016/j.postharvbio.2006.09.011.
- [25] 林建城. 不同品种枇杷果实的贮藏性和采后生物学的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
- [26] PALMER J W, HARKER F R, TUSTIN D S, et al. Fruit dry matter concentration: a new quality metric for apples[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(15): 2586-2594. DOI:10.1002/jsfa.4125.
- [27] 薛锡佳, 李佩艳, 宋夏钦, 等. 草酸处理减轻杧果采后果实冷害的机理研究[J]. 园艺学报, 2012, 39(11): 2251-2257.
- [28] COUÉE I, SULMON C, GOUESBET G, et al. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants[J]. Journal of Experimental Botany, 2006, 57(3): 449-459. DOI:10.1093/jxb/erj027.