

氯吡脲对‘中华 50’猕猴桃果实品质及食用安全性的影响

解 鑫, 谢汉忠, 郭琳琳, 姚好朵, 乔成奎, 王瑞萍, 党 琪, 庞荣丽*

[中国农业科学院郑州果树研究所/农业农村部果品质量安全风险评估实验室(郑州), 郑州 450009]

摘 要: **目的** 明确落花 20 d 使用氯吡脲浸蘸幼果处理对‘中华 50’猕猴桃果实品质及食用安全性的影响, 确定氯吡脲处理最佳浓度。**方法** 在‘中华 50’猕猴桃落花后 20 d, 分别用 3 种质量浓度(5、10 及 20 mg/L)的氯吡脲浸蘸幼果处理, 在成熟期采摘后进行果实形态结构、贮藏性能及贮藏期相关品质指标及氯吡脲残留检测分析。**结果** 实验范围内, 氯吡脲浸蘸幼果处理, 能显著提高果实纵径、横径及单果重, 且氯吡脲浓度越高作用越明显, 明显增大果个的同时并未改变果实原有的基本形状, 具体体现为果实果个增大和产量提高; 果实硬度显著下降, 且贮藏期间硬度下降速度加快, 失重率有所增大, 且氯吡脲质量浓度高(20 mg/L)时果实后熟变软后容易出现烂果, 具体体现为后熟变软快、贮藏性能下降, 货架期缩短; 氯吡脲处理有效提高了果实中可溶性固形物、可溶性总糖及维生素 C 的含量, 同时在一定程度上降低了可滴定酸含量, 糖酸比增高, 促进了有机营养状况的改善及果实品质的提升, 但氯吡脲质量浓度较高(20 mg/L)时对可溶性固形物的提升基本没作用; 成熟采摘时果实中氯吡脲残留量均已降至远低于我国农药最大残留限量值水平, 风险隐患较低。**结论** 综合考虑氯吡脲处理后果实单果重、果形指数及品质指标等的变化, 结合对采后贮藏性能及食用安全性等的影响, 确定‘中华 50’猕猴桃采前浸蘸幼果处理氯吡脲最佳质量浓度为 10 mg/L。本研究可为‘中华 50’猕猴桃生产提质增效提供理论依据, 为氯吡脲科学使用及安全监管提供技术支撑。

关键词: 氯吡脲; 猕猴桃; 营养品质; 贮藏性能; 安全性能

Effects of forchlorfenuron on quality and edible safety of ‘Zhong Hua 50’ *Actinidia chinensis* Planch.

XIE Xin, XIE Han-Zhong, GUO Lin-Lin, YAO Hao-Duo, QIAO Cheng-Kui,
WANG Rui-Ping, DANG Qi, PANG Rong-Li*

[Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Laboratory of Quality & Safety Risk
Assessment for Fruit Ministry of Agriculture (Zhengzhou), Zhengzhou 450009, China]

ABSTRACT: Objective To determine the effects of forchlorfenuron dipping after flower felling 20 days on fruit quality and edible safety of ‘Zhong Hua 50’ *Actinidia chinensis* Planch., and determine the optimal concentration of

基金项目: 中国农业科学院创新工程科技经费项目(CAAS-ASTIP-2022-ZFRI-09)、河南省科技攻关项目(212102110403)、中国农业科学院科技创新工程重大科研任务项目(CAAS-XTX20190025-4)

Fund: Supported by the Innovation Project of Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS-ASTIP-2022-ZFRI-09), the Science and Technology Project of Henan Province (212102110403), and the Major Scientific Research Task of Science and Technology Innovation Project of Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS-XTX20190025-4)

*通信作者: 庞荣丽, 研究员, 主要研究方向为果品质量安全及产地健康环境条件研究。E-mail: prlpang@163.com

*Corresponding author: PANG Rong-Li, Professor, Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China. E-mail: prlpang@163.com

forchlorfenuron. **Methods** Three mass concentrations (5, 10 and 20 mg/L) of forchlorfenuron were applied to young fruits of *Actinidia chinensis* Planch. ‘Zhong Hua 50’ 20 days after flowering. Fruit morphology, storage performance, storage period related quality indexes and forchlorfenuron residue were detected and analyzed after picking at the mature stage. **Results** Within the experimental range, the longitudinal diameter and transverse diameter of fruit and fruit weight were significantly increased by forchlorfenuron dipped in young fruit before harvest, and the effect was more obvious with the higher concentration of forchlorfenuron. The original basic shape of the fruit was not changed while the fruit size was significantly increased, which was reflected in the increase in fruit size and yield. The hardness of the fruit decreased significantly, and the hardness decreased faster during storage, and the weight loss rate increased. When the mass concentration of forchlorfenuron was high (20 mg/L), the fruit became soft after ripening and was prone to rot, which was reflected in the rapid softening after ripening, decreased storage performance and shortened shelf life. Treatment of forchlorfenuron to *Actinidia chinensis* Planch. effectively improved the content of soluble solids, soluble total sugar and vitamin C content, at the same time, to some extent reduced the titratable acid content, increased sugar acid ratio, promoted the organic nutrition improvement and improved the quality of the fruit, but chlorine pyrazole urea with higher mass concentration (20 mg/L) had no effect to the promotion of soluble solids. At the time of picking the ripening fruits, the residues of clopidomide in fruits had been reduced to a level far lower than the maximum residue limit of pesticides in China, and the risks and hidden dangers were low. **Conclusion** Considering the changes in fruit weight, shape index and quality index of *Actinidia chinensis* Planch. after forchlorfenuron treatment, combined with the effects on postharvest storage performance and food safety, the optimal mass concentration of forchlorfenuron in the pretreatment of ‘Zhong Hua 50’ kiwifruit dipped in young fruit is determined to be 10 mg/L. This study can provide a theoretical basis for improving the quality and efficiency of ‘Zhong Hua 50’ *Actinidia chinensis* Planch. production, and provide technical support for the scientific use and safety supervision of forchlorfenuron.

KEY WORDS: forchlorfenuron; *Actinidia chinensis* Planch.; nutritional quality; property of storage; safety performance

0 引言

猕猴桃(*Actinidia chinensis* Planch.)起源于中国,又名羊桃、阳桃、藤梨、猕猴桃梨、鬼桃^[1]。迄今为止,全球范围内猕猴桃种质资源共有54个种、21个变种,其中我国就占有52个特有种、中心分布种^[2]。有数据显示,2020年全国猕猴桃种植总面积将近436万亩,猕猴桃总产量达300万t,占全世界范围内猕猴桃总产量的一半以上^[3]。但我国猕猴桃单位面积产量低于世界平均水平。如何有效提升猕猴桃单位面积产量,引起了众多学者的关注。其中,氯吡脞作为猕猴桃典型植物生长调节剂应用于种植生产过程中,在猕猴桃单产量的提升方面展现出较好的效果^[4]。

氯吡脞(forchlorfenuron)属苯脞类细胞分裂素,具有促进细胞分裂^[5-6]、增大细胞体积、提高光合作用效率等生理功能^[7]。氯吡脞的使用较明显地提升了猕猴桃的产量,显著提升了果民的收入,受到农民的喜爱并得到广泛应用。但是,残留于猕猴桃中的氯吡脞可能会对消费者身体健康造成安全隐患,因而我国及不同国际组织纷纷制定了猕猴桃中氯吡脞最大残留限量(我国0.05 mg/kg、欧盟0.05 mg/kg、美国0.04 mg/kg)^[8-9]。然而,氯吡脞使用过程中,往往存在

为了片面追求产量而加大氯吡脞使用剂量的问题,这不仅会影响到猕猴桃营养品质及贮藏性能,同时也可能会增加其食用安全隐患^[10]。我国猕猴桃品种众多,猕猴桃的品质存在较大差异,氯吡脞在不同品种猕猴桃的种植使用效果存在一定的差异,因此正确合理地将氯吡脞应用于生产种植中需要对众多品种进行全面化研究。‘中华50’又名‘杨氏金红50’,属中华猕猴桃,果心红色、果实形状呈圆柱形,其美味的口感受到消费者的青睐。近年来越来越多的研究者关注于氯吡脞对猕猴桃果实质量的影响,主要涉及‘贵长’‘红阳’‘海沃德’‘华优’等品种,研究方向多以品质、安全及果形为主^[11-13],对‘中华50’品种猕猴桃研究较少,且仅涉及引种表现及栽培技术^[14],未见有对‘中华50’猕猴桃果实形态、理化品质、贮藏性能及食用安全性的综合评价,并且氯吡脞推荐施用浓度区间较大,如在保证食用安全性基础上筛选出果形、品质、贮藏性能最佳的施用浓度,则能为果农保质的前提下稳步增产提供科学的依据。

本研究选用‘中华50’猕猴桃,并根据猕猴桃中登记的推荐使用量^[15],用不同浓度氯吡脞对‘中华50’猕猴桃进行浸蘸幼果处理,成熟采收时测定其果实纵径、横径、单果重等形态指标及氯吡脞残留量,并分析其贮藏过程中营养

物质成分变化,探寻氯吡脞不同浓度处理对‘中华 50’猕猴桃果实形态、理化品质、贮藏性能及食用安全性的影响,以期确定氯吡脞的最佳施用浓度,进而为猕猴桃生产提质增效提供理论依据,为针对性开展生产指导、消费引导和农产品质量安全监管工作提供重要支撑。

1 材料与方法

1.1 实验材料

氯吡脞浸蘸幼果实验在河南省南阳市西峡县丁河镇华联猕猴桃种植专业合作社‘中华 50’(树龄为 5 a)猕猴桃园进行。该果园所在地属暖温带大陆性季风气候,四季分明,光照充足,雨量充沛,种植密度较均匀,果树长势良好。按照氯吡脞推荐使用方法于落花 15~20 d,对幼果全果浸蘸 3 s,浸蘸实验 1 次,使用 0.1%氯吡脞可溶液剂(四川施特优化工有限公司生产,猕猴桃中登记推荐使用剂量 5~20 mg/L)。

1.2 主要仪器设备

1989 系列游标卡尺(中国广陆公司); AS200 型分析天平(精度 0.01 g, 美国 OHAUS 公司); FT-02 型、FT-327 型硬度计(意大利 Breuzzi 公司); PAL-1 型折光仪(日本 ATAGO 公司); 809 型全自动滴定仪(瑞士万通公司); Agilent 1290-6460 型高效液相色谱-三重四极杆串联质谱仪(美国 Agilent 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 实验设计

以 0.1%氯吡脞可溶液剂分别取 10、20、40 mL 分别兑水 4 L,即氯吡脞质量浓度分别为 5、10、20 mg/L 的 3 个处理(标记为 C5、C10、C20),以蒸馏水处理为对照(CK),为避免重复蘸果或遗漏,在处理液中加入对猕猴桃生长没有作用的红色物质,以便观察。选择生长情况相似、挂果量基本一致的 6 株猕猴桃树作为实验小区,每个处理重复 3 次,不同处理间设置缓冲行,并做好标记(蘸果实验共计 2304~2880 个猕猴桃幼果)。浸果实验于 2021 年 5 月 27 日(落花后 20 d)进行,药剂现配现用,将标记的果树上的所有幼果完全浸没于不同质量浓度氯吡脞处理液中均匀浸渍 3 s。猕猴桃生长期间按照果园正常水平施肥及树体管理。

1.3.2 样品采集

达到采摘成熟度(2021 年 9 月 22 日)时,从树冠东、南、西、北不同方位果枝上各采摘猕猴桃果实 8~10 个,每株果树采摘果实 32~40 个,不同处理的果实标记后于采集当天运至实验室,并进行果实果形指数、单果重、硬度及氯吡脞残留量等指标的测定;于常温(25℃、相对湿度 80%~85%)条件下进行贮藏实验,贮藏期间第 1 d 起每隔 1 d 取样 1 次,当果实硬度接近“3 kg/cm²”时每天取样 1 次,直到烂果达到 10%以上时终止,用于贮藏性能指标及理化品质的测定。

1.3.3 样品测定

(1)果实纵径、横径及果形指数

随机选取 20 个猕猴桃果实样品,分别使用游标卡尺依次测量其纵径、横径,结果取平均值,并计算果形指数(纵径/横径)。

(2)单果重

随机选取 20 个猕猴桃果实样品,分别使用分析天平称量其单果重,结果取平均值。

(3)硬度

随机选取 20 个猕猴桃果实样品,分别使用硬度计测定果实赤道部位硬度,每个果实测 2 个点,结果取平均值。

(4)失重率

随机选取 30 个猕猴桃果实样品,每天分别使用分析天平称量其总重,并计算失重率。

(5)可溶性固形物

参照 NY/T 2637—2014《水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法》规定的方法,使用折光仪进行测定。

(6)可溶性总糖

参考斐林试剂滴定法^[16],使用玻璃滴定管滴定,以葡萄糖计。

(7)维生素 C

参照 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》^[13]规定的方法,使用全自动滴定仪进行测定。

(8)可滴定酸

参照 GB/T 12456—2008《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》规定的方法,使用全自动滴定仪进行测定。

(9)氯吡脞

参照 GB 23200.110—2018《食品安全国家标准 植物源性食品中氯吡脞残留量的测定 液相色谱-质谱联用法》规定的方法,使用 1290-6460 型高效液相色谱-三重四极杆串联质谱仪进行测定。

1.4 数据处理与分析

实验重复测定 3 次,利用 Excel 2003 和 SPSS 21.0 对实验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 氯吡脞对‘中华 50’猕猴桃果实形态结构的影响

表 1 可以看出,落花 20 d 用不同质量浓度氯吡脞(5、10、20 mg/L)浸蘸幼果处理后,与对照 CK 相比,‘中华 50’猕猴桃果实纵径、横径、单果重及果形指数均有不同程度的增加:其中不同处理间果实纵径增幅分别为 C20 (47.4%)>C10 (35.1%)>C5 (24.4%),横径增幅分别为 C20 (36.1%)>C10 (33.0%)>C5 (22.3%),单果重增幅分别为 C20 (143.9%)>C10 (134.1%)>C5 (73.5%),且不同处理间纵径、

横径及单果重的差异均达极显著水平($P<0.01$); 果形指数分别为 C20 (1.21)>C10 (1.14)和 C5 (1.14)>CK (1.12), 除了 C20 与其他处理间差异极显著($P<0.01$)外, 其余处理间果形指数差异均不显著。

可见落花 20 d 用不同质量浓度氯吡脞浸蘸幼果处理, 对‘中华 50’猕猴桃果实纵径、横径、单果重及果形指数的增加均有不同程度的促进作用, 且氯吡脞浓度越大猕猴桃促进作用越明显, 表明采前用氯吡脞浸蘸幼果处理对‘中华 50’猕猴桃果个增大和产量提高促进作用明显, 且氯吡脞处理引起的‘中华 50’猕猴桃果个增大是果实纵径与果实横径的协同增长, 明显增大果个的同时并未改变果实形状, 即‘中华 50’猕猴桃仍保持原有的果实形状即圆柱形。

表 1 氯吡脞处理对果实形态结构的影响 Table 1 Effects of forchlorfenuron treatment on fruit shape				
指标	单果重/g	果实纵径/mm	果实横径/mm	果形指数
CK	55.26±0.65 ^{dD}	50.02±0.17 ^{dD}	44.69±0.34 ^{dD}	1.12±0.01 ^{bB}
C5	95.88±0.50 ^{cC}	62.21±0.29 ^{cC}	54.66±0.18 ^{cC}	1.14±0.01 ^{bB}
C10	129.37±1.80 ^{bB}	67.58±1.26 ^{bB}	59.43±0.18 ^{bB}	1.14±0.02 ^{bB}
C20	134.76±0.45 ^{aA}	73.75±0.72 ^{aA}	60.81±1.14 ^{aA}	1.21±0.01 ^{aA}

注: 同列数据不同大写字母分别表示极显著水平 $P<0.01$, 不同小写字母表示显著水平 $P<0.05$, 下同。

2.2 氯吡脞对‘中华 50’猕猴桃贮藏性能的影响

2.2.1 果实硬度的变化

猕猴桃属于呼吸跃变型水果, 采摘后需经后熟变软才可食用^[16], 而果实硬度则是猕猴桃贮藏性能、食用成熟度的重要指标。表 2 可以看出, 无论采前是否用氯吡脞浸蘸幼果处理, 在常温条件下, 随着贮藏时间的延长, ‘中华 50’猕猴桃果实硬度均表现出先快速下降后缓慢降低的规律, 贮藏至第 3 d

时不同处理的果实硬度仍比较大[分别为 CK (11.12 kg/cm²)>C5 (10.37 kg/cm²)>C10 (9.86 kg/cm²)>C20 (9.28 kg/cm²)], 而贮藏至第 3~7 d 期间硬度降幅最大, 之后果实硬度下降速度放缓, 至第 7 d 时果实基本后熟变软, 除了对照 CK 果实硬度(3.99 kg/cm²)稍大于 3.0 kg/cm² 之外, 用不同质量浓度氯吡脞蘸果处理的果实均达到容易被人接受食用的成熟度(即硬度低于 3.00 kg/cm²), 即常温条件下从采收到果实完全后熟变软, CK 的贮藏时间为 8 d, C5、C10、C20 的贮藏时间均为 7 d。另外, 贮藏期间果实硬度降低的速度因蘸果用氯吡脞的浓度不同而不同, 对照 CK 果实硬度下降的速度明显低于落花 20 d 用不同质量浓度氯吡脞浸蘸幼果的处理, 比如基本达软熟状态的第 7 d, 与贮藏第 1 d 相比不同处理果实硬度分别降低了 C10 (79.4%)>C5 (78.4%)>C20 (75.2%)>CK (69.7%)。可见, 落花 20 d 用不同质量浓度氯吡脞浸蘸幼果处理, 在一定程度上可使‘中华 50’猕猴桃采后果实硬度降低, 且在常温条件贮藏过程中果实硬度下降速度更快, 这直接影响了猕猴桃的贮藏性能, 采前用氯吡脞浸蘸幼果处理可使‘中华 50’猕猴桃果实贮藏性能下降、货架期缩短, 其可能是由于氯吡脞处理加速了细胞分裂导致猕猴桃果实组织变疏松。

2.2.2 果实失重情况

果实失重率高低影响着货架期的长短, 也是评价猕猴桃果实贮藏性能的重要指标。表 3 可以看出, 无论采前是否用氯吡脞浸蘸幼果处理, 在常温条件下, 随着贮藏时间的延长, 所有处理果实失重率均逐渐增加, 且整个贮藏期间同时段内不同质量浓度氯吡脞处理的果实失重率均高于对照 CK, 且差异多达极显著性水平($P<0.01$)。表明落花 20 d 用不同质量浓度氯吡脞浸蘸幼果处理, 在一定程度上可使‘中华 50’猕猴桃在常温贮藏条件下果实失重率增加, 这直接影响了果实的贮藏性能, 也更好地诠释了氯吡脞处理可使‘中华 50’猕猴桃果实货架期缩短的原因。

表 2 氯吡脞处理对果实硬度的影响(kg/cm ²) Table 2 Effects of forchlorfenuron treatment on fruit firmness (kg/cm ²)					
处理组	第 1 d	第 3 d	第 5 d	第 7 d	第 8 d
CK	13.16±0.22 ^{aA}	11.12±0.84 ^{aA}	7.77±0.73 ^{aA}	3.99±0.79 ^{aA}	1.24±0.03 ^{aA}
C5	12.61±0.34 ^{abAB}	10.37±0.39 ^{abAB}	6.33±0.12 ^{bcBC}	2.72±0.19 ^{cC}	0.65±0.03 ^{bB}
C10	13.13±0.49 ^{aA}	9.86±0.26 ^{bcBC}	7.20±0.87 ^{abAB}	2.70±0.16 ^{bB}	0.65±0.01 ^{bB}
C20	11.77±0.65 ^{bB}	9.28±0.23 ^{cC}	5.93±0.37 ^{cC}	2.92±0.14 ^{bB}	0.56±0.05 ^{cC}

表 3 氯吡脞处理对果实失重率的影响(%) Table 3 Effects of forchlorfenuron treatment on weight loss rate (%)						
处理组	第 1 d	第 3 d	第 5 d	第 7 d	第 8 d	第 9 d
CK	0.03±0.03 ^{bB}	0.39±0.02 ^{bB}	0.74±0.06 ^{bB}	1.29±0.04 ^{bB}	1.47±0.09 ^{cC}	2.14±0.16 ^{cC}
C5	0.16±0.04 ^{aA}	0.49±0.03 ^{bB}	1.16±0.05 ^{aA}	1.68±0.05 ^{aA}	2.21±0.06 ^{aA}	2.53±0.08 ^{bB}
C10	0.13±0.05 ^{aA}	0.50±0.13 ^{bB}	1.13±0.09 ^{aA}	1.39±0.17 ^{bB}	1.97±0.12 ^{bB}	2.42±0.06 ^{bB}
C20	0.13±0.04 ^{aA}	0.79±0.05 ^{aA}	1.09±0.05 ^{aA}	1.71±0.04 ^{aA}	2.28±0.06 ^{aA}	2.88±0.08 ^{aA}

2.2.3 果实变软腐烂情况

氯吡脞浸蘸幼果处理在一定程度上加速了‘中华 50’猕猴桃贮藏期间果实变软腐烂,在常温贮藏过程中,果实后熟变软后,对照 CK 和 C10 处理在贮藏至第 10 d 开始出现烂果,而 C5 和 C20 处理在贮藏至第 9 d 就开始出现烂果,且 C20 处理烂果个数增加较快。表明落花 20 d 用不同质量浓度氯吡脞浸蘸幼果处理,在一定程度上降低了‘中华 50’猕猴桃果实的贮藏性能,尤其是蘸果用氯吡脞质量浓度较高(20 mg/L)时非常不利于采后贮藏。

2.3 氯吡脞对‘中华 50’猕猴桃营养品质的影响

2.3.1 对可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物是衡量植物有机物和糖类积累^[17]、营养成分构成的一个重要指标,也是评价猕猴桃果实品质较为直观的指标。表 4 可以看出,采后在常温条件下进行贮藏,无论采前是否用氯吡脞浸蘸幼果处理,随着贮藏时间的延长,‘中华 50’猕猴桃果实可溶性固形物含量均表现出先升高而后降低的趋势,且均在贮藏第 8 d 达到高峰,此时不同处理可溶性固形物含量分别为 C10 (20.22 g/100 g)>C5 (20.02 g/100 g)>CK (19.48 g/100 g)>C20 (19.19 g/100 g)。贮藏期间,C5 处理除了第 1、第 3 和第 9 d、C10 处理除了第 3 d 之外,可溶性固形物含量均极显著高于对照 CK,C10 处理略高于 C5 处理但差异不显著,而 C20 处理极显著低于 C10 处理和 C5 处理(除第 3 d),略低于对照 CK 但差异大多都不显著。可见,‘中华 50’猕猴桃果实在后熟过程中可溶性固形物含量呈现先升高而后降低的趋势,在贮藏第 8 d 达到高峰,采前用一定质量浓度(5 或 10 mg/L)氯吡脞浸蘸幼果处理,有利于“中华 50”猕猴桃果实中有机物或糖类物质的积累,具体表现在可溶性固形物含量的提升上,但蘸果用氯吡脞质量浓度达到 20 mg/L 时反而不利于有机物或糖类物质的积累,可溶性固形物含量略有下降。总体来看,用低质量浓度(不超过 10 mg/L)氯吡脞浸蘸幼果处理对‘中华 50’猕猴桃果实可溶性固形物含量的提升有一定的积极作用。

2.3.2 对可溶性总糖含量的影响

猕猴桃果实中可溶性总糖主要包括蔗糖、果糖和葡萄糖^[18],也是评价猕猴桃果实品质非常重要的一个指标。表 5 可以看出,与可溶性固形物变化规律基本一致,无论采前是否用氯吡脞浸蘸幼果处理,贮藏期间随着贮藏时间的延长‘中

华 50’猕猴桃果实可溶性总糖含量也表现出先升高而后降低的趋势,且均在贮藏第 8 d 达到高峰,此时不同处理可溶性总糖含量分别为 C10 (16.59 g/100 g)>C5 (16.58 g/100 g)> C20 (15.32 g/100 g)>CK (14.61 g/100 g)。贮藏期间,可溶性固形物含量 C5 处理和 C10 处理均极显著高于对照 CK,C10 处理略高于或等于 C5 处理,C20 处理第 5 d 之前极显著高于而第 8 d 之后却极显著低于 C10 和 C5 处理,C20 处理第 8 d 之前极显著高于而第 9 d、10 d 却极显著低于对照 CK,可能是高质量浓度的氯吡脞使用加快了猕猴桃的后熟速率,果实内部可溶性总糖开始分解、贮藏期缩短。可见,‘中华 50’猕猴桃在后熟过程中果实可溶性总糖含量呈现先升高而后降低的趋势,在第 8 d 达到高峰,采前用一定质量浓度(5 或 10 mg/L)氯吡脞浸蘸幼果处理,有利于‘中华 50’猕猴桃果实中糖类物质的积累,具体表现在可溶性总糖含量的提升上,但蘸果用氯吡脞质量浓度达到 20 mg/L 时,可溶性糖总含量达到峰值后下降较快、贮藏性下降。总体来看,采前用一定质量浓度(5 或 10 mg/L)氯吡脞浸蘸幼果处理对‘中华 50’猕猴桃果实可溶性总糖含量的提升有一定的积极作用。

2.3.3 对维生素 C 含量的影响

猕猴桃中维生素 C 含量非常高^[19],对于评价猕猴桃果实质量具有重要意义。表 6 可以看出,与对照 CK 相比,落花 20 d 用不同质量浓度氯吡脞浸蘸幼果处理后,‘中华 50’猕猴桃果实维生素 C 含量均有一定程度的提高,比如在贮藏至第 7 d 时不同处理维生素 C 含量分别为 C10 (111.38 mg/100 g)> C20 (108.92 mg/100 g)>C5 (107.34 mg/100 g)>CK (93.81 mg/100 g),并且在整个贮藏过程中,C20、C10 和 C5 处理维生素 C 含量均极显著高于对照 CK。另外,无论采前是否用氯吡脞浸蘸幼果处理,随着贮藏时间的延长‘中华 50’猕猴桃果实维生素 C 含量均表现出逐渐降低的趋势,但其降低速度因蘸果用氯吡脞的浓度不同而存在差异,如贮藏至第 7 d 时维生素 C 含量与采后第 1 d 相比降幅分别为 C5 (21.9%)> C20 (20.3%)>C10 (18.5%)>CK (15.6%),贮藏至第 8、9 和 10 d 时,不同处理间维生素 C 含量降低幅度与贮藏至第 7 d 时表现规律基本一致。可见,落花 20 d 用不同质量浓度氯吡脞浸蘸幼果处理,均有利于‘中华 50’猕猴桃果实中维生素 C 的提升,同时也加速了贮藏期间维生素 C 的降解速度,但由于氯吡脞蘸果处理后维生素 C 提升明显,使得果实中始终保持有较高含量的维生素 C。

表 4 氯吡脞处理对可溶性固形物含量的影响(g/100 g)
Table 4 Effects of forchlorfenuron treatment on soluble solids content (g/100 g)

处理组	第 1 d	第 3 d	第 5 d	第 7 d	第 8 d	第 9 d	第 10 d
CK	10.32±0.17 ^{bcBC}	14.70±0.68 ^{aA}	16.64±0.36 ^{bB}	18.78±0.24 ^{bB}	19.48±0.10 ^{bB}	18.42±0.44 ^{bcBC}	17.97±0.22 ^{bB}
C5	10.80±0.36 ^{bB}	16.98±1.79 ^{aA}	18.69±0.31 ^{aA}	19.41±0.21 ^{aA}	20.02±0.10 ^{aA}	18.89±0.31 ^{abAB}	18.28±0.12 ^{aA}
C10	11.60±0.20 ^{aA}	16.38±2.35 ^{aA}	18.62±0.10 ^{aA}	19.84±0.21 ^{aA}	20.22±0.10 ^{aA}	19.25±0.06 ^{aA}	18.29±0.08 ^{aA}
C20	10.02±0.36 ^{cC}	14.11±0.79 ^{aA}	15.69±0.64 ^{cC}	18.65±0.38 ^{bB}	19.19±0.27 ^{bB}	18.22±0.26 ^{cC}	17.57±0.12 ^{cC}

表 5 氯吡脞处理对果实可溶性总糖的影响(g/100 g)
Table 5 Effects of forchlorfenuron treatment on total soluble sugar (g/100 g)

处理组	第 1 d	第 3 d	第 5 d	第 7 d	第 8 d	第 9 d	第 10 d
CK	3.14±0.35 ^{cC}	7.01±0.26 ^{cC}	7.30±0.05 ^{dD}	10.69±0.14 ^{bB}	14.61±0.25 ^{cC}	14.29±0.07 ^{bB}	13.17±0.06 ^{cC}
C5	4.20±0.17 ^{bB}	8.36±0.28 ^{bB}	9.80±0.04 ^{cC}	13.32±0.28 ^{aA}	16.58±0.04 ^{aA}	16.21±0.22 ^{aA}	15.16±0.07 ^{bB}
C10	4.34±0.20 ^{bB}	8.36±0.33 ^{bB}	10.01±0.15 ^{bB}	13.37±0.29 ^{aA}	16.59±0.12 ^{aA}	16.13±0.07 ^{aA}	15.44±0.09 ^{aA}
C20	5.06±0.09 ^{aA}	10.22±0.31 ^{aA}	12.35±0.12 ^{aA}	13.35±0.25 ^{aA}	15.32±0.13 ^{bB}	12.89±0.16 ^{cC}	11.88±0.01 ^{dD}

2.3.4 对可滴定酸含量的影响

水果中酸味物质是决定产品品质、风味及稳定性的重要成分,可滴定酸也是评价猕猴桃果实品质非常重要的一个指标^[20]。表 7 可以看出,无论采前是否用氯吡脞浸蘸幼果处理,常温条件下随着贮藏时间的延长‘中华 50’猕猴桃果实可滴定酸含量均表现出逐渐降低的趋势。贮藏期间,‘中华 50’猕猴桃果实中可滴定酸含量 C10 处理均极显著低于对照 CK 和 C20 处理, C5 处理均极显著低于对照 CK 和 C20 处理(第 3、第 5 d 除外),而 C20 处理与对照 CK 可滴定酸含量基本相当,没有明显差异。可见,采前用一定质量浓度(5 或 10 mg/L)氯吡脞浸蘸幼果处理,有利于‘中华 50’猕猴桃果实中有机酸等酸味物质的降解及果实呼吸中的消耗,具体表现在可滴定酸含量的逐步降低上,但蘸果用氯吡脞质量浓度为 20 mg/L 时几乎没有作用。

2.4 氯吡脞对‘中华 50’猕猴桃食用安全性的影响

猕猴桃果实中氯吡脞残留量高低影响着其食用安全性, C5 和 C10 质量浓度处理‘中华 50’猕猴桃果实中氯吡脞均未检出, C20 处理氯吡脞残留量为 0.0057 mg/kg, 低于我国食品安全国家标准和欧盟标准中猕猴桃氯吡脞最大残留限量 0.05 mg/kg 及美国 0.04 mg/kg 的规定^[8-9]。表明‘中华 50’猕猴桃用氯吡脞浸蘸幼果处理后,氯吡脞随着果实发育而消解,至成熟采摘时(间隔 119 d)只有质量浓度较高的 C20 处理果实中仍有氯吡脞残留,但其残留水平是安全的,即幼果期用适当质量浓度(不超过 20 mg/L)浸果处理‘中华 50’猕猴桃果实,其食用安全性是有保障的。

3 讨 论

对‘中华 50’猕猴桃采前氯吡脞浸蘸幼果处理,显著增加了果实纵径、横径及单果重,对猕猴桃果个增大和产量提高促进作用明显^[21],这与董金磊等^[22]对‘海沃德’、‘徐香’和‘华优’猕猴桃的研究及钱巍等^[23]对‘贵长’猕猴桃的研究结果一致,果形指数虽有增大但对果实整体果形结构并无

太大影响,可见氯吡脞处理引起的‘中华 50’猕猴桃果个增大是果实纵径与果实横径的协同增长。经蘸果后的猕猴桃硬度显著下降且贮藏期间硬度下降速度更快,失重率也有所增大,这与许敏等^[24]、蔡晓等^[25]、李圆圆等^[26]对‘贵长’、‘徐香’、‘秦美’猕猴桃研究结果相似,究其原因其可能是氯吡脞处理加速了细胞分裂导致猕猴桃果实组织变疏松。在后熟过程中,果实可溶性固形物及可溶性总糖含量均呈现出先升高而后降低的趋势,氯吡脞浸蘸幼果处理有利于其含量的提升,这与赵治兵等^[27]的研究结果一致,可能是氯吡脞处理增强了果实调运光合产物的能力,促进了有机物或糖类物质的积累,改善了果实中有机营养状况^[28],但蘸果用氯吡脞质量浓度为 20 mg/L 时作用不明显^[29]。蘸果处理后猕猴桃果实可滴定酸含量有所降低,这与陈双双等^[30]的研究结果一致,可能是由于氯吡脞促进了猕猴桃果实中有机酸等酸味物质的降解及果实呼吸中的消耗。本研究中发现蘸果处理后‘中华 50’猕猴桃成熟采摘时果实中维生素 C 含量明显升高,虽然贮藏期间维生素 C 的降解也相对较快,但果实中始终保持有较高含量的维生素 C,这与谭永中等^[31]、许敏等^[24]研究中发现的氯吡脞处理会导致猕猴桃维生素 C 含量的提升的结论基本一致,但是,朱杰丽等^[32]在对‘徐香’猕猴桃发现,低质量浓度(5 mg/L)氯吡脞更有利于猕猴桃中维生素 C 的保持,高含量反而会降低猕猴桃中维生素 C 含量。‘中华 50’猕猴桃幼果期用氯吡脞浸蘸幼果处理至成熟期采摘时(相隔 119 d),仅氯吡脞质量浓度为 20 mg/L 的处理虽有氯吡脞残留检出,但其残留水平是安全的,符合我国猕猴桃中氯吡脞最大残留限量 0.05 mg/kg 的要求,这与谭永中等^[31]、许敏等^[24]研究得出的猕猴桃果实中残留量与蘸果施用氯吡脞浓度呈正相关的结论相符。也有研究指出^[33],用高质量浓度(超过 20 mg/L 甚至高达 100 mg/L)氯吡脞浸蘸幼果处理,成熟采摘时猕猴桃果实中的氯吡脞残留水平也是符合标准要求的。综合看来,氯吡脞使用浓度的确定,除了首要考虑其食用安全性之外,还要综合考虑其对猕猴桃果形结构、果实品质、贮藏性能等影响。

表 6 氯吡脞处理对维生素 C 含量的影响(mg/100 g)
Table 6 Effects of forchlorfenuron treatment on vitamin C content (mg/100 g)

处理组	第 1 d	第 3 d	第 5 d	第 7 d	第 8 d	第 9 d	第 10 d
CK	111.20±0.41 ^{cC}	103.95±0.43 ^{cC}	95.78±0.43 ^{dD}	93.81±0.26 ^{cC}	93.19±0.04 ^{cC}	93.04±0.66 ^{cC}	90.14±0.59 ^{cC}
C5	137.45±0.18 ^{aA}	138.97±0.84 ^{aA}	126.27±0.40 ^{bB}	107.34±0.69 ^{bB}	103.87±0.32 ^{bB}	100.69±0.43 ^{bB}	99.96±0.20 ^{bB}
C10	136.61±0.36 ^{bB}	134.10±0.23 ^{bB}	127.41±0.48 ^{aA}	111.38±1.90 ^{aA}	106.45±0.19 ^{aA}	101.64±0.33 ^{aA}	101.64±0.57 ^{aA}
C20	136.72±0.24 ^{bB}	138.09±0.15 ^{aA}	117.72±0.40 ^{cC}	108.92±0.11 ^{bB}	106.12±0.25 ^{aA}	101.67±0.17 ^{aA}	99.87±0.57 ^{bB}

表 7 氯吡啶处理对可滴定酸的影响(g/100 g)
Table 7 Effects of forchlorfenuron on titratable acid (g/100 g)

处理组	第 1 d	第 3 d	第 5 d	第 7 d	第 8 d	第 9 d	第 10 d
CK	1.48±0.02 ^{aA}	1.39±0.03 ^{aA}	1.41±0.01 ^{aA}	1.36±0.00 ^{aA}	1.29±0.02 ^{aA}	1.23±0.03 ^{aA}	1.19±0.06 ^{aA}
C5	1.40±0.02 ^{bB}	1.33±0.03 ^{bcBC}	1.32±0.02 ^{bB}	1.24±0.01 ^{cC}	1.22±0.03 ^{bB}	1.09±0.03 ^{bB}	1.08±0.07 ^{bB}
C10	1.40±0.03 ^{bB}	1.28±0.02 ^{cC}	1.26±0.04 ^{cC}	1.24±0.00 ^{cC}	1.21±0.03 ^{bB}	1.07±0.03 ^{bB}	1.01±0.09 ^{cC}
C20	1.49±0.01 ^{aA}	1.38±0.03 ^{abAB}	1.33±0.02 ^{bB}	1.30±0.00 ^{bB}	1.28±0.03 ^{aA}	1.23±0.02 ^{aA}	1.19±0.04 ^{aA}

4 结 论

采用 5、10 及 20 mg/L 氯吡啶对‘中华 50’猕猴桃浸蘸幼果处理:

(1)能够有效促进果实果个增大和产量提高。生长期内氯吡啶能有效地提高果实纵径、横径及单果重,即有效促进果实果个增大和产量提高,且氯吡啶浓度越高作用越明显。明显增大果个的同时并未改变果实形状,仍保持原有的基本果实形状即圆柱形。

(2)使果实贮藏性能下降,货架期缩短。氯吡啶蘸果处理后猕猴桃果实硬度显著下降,且贮藏期间硬度下降速度加快,失重率有所增大,果实后熟变软后尤其是氯吡啶质量浓度较高(20 mg/L)时更容易出现烂果,综合导致贮藏性能下降、货架期缩短。

(3)有效改善有机营养状况、提升果实品质。氯吡啶蘸果处理可有效提高果实中可溶性固形物、可溶性总糖及维生素 C 的含量,同时在一定程度上降低了可滴定酸含量,糖酸比增高,能适合更多消费者口感需求。但是氯吡啶质量浓度较高(20 mg/L)时对可溶性固形物的提升基本没作用。

(4)风险隐患低。从幼果期蘸果到采摘,历经时间长(间隔 119 d),成熟采摘时氯吡啶均已降至远低于我国农药最大残留限量值水平,风险隐患低。

综合考虑氯吡啶浸蘸幼果处理后果实单果重、果形指数及营养成分等的变化,结合对采后贮藏性能及食用安全性等的影响,‘中华 50’猕猴桃采前浸蘸幼果处理氯吡啶最佳质量浓度为 10 mg/L。

参考文献

[1] 崔致学. 中国猕猴桃[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1993.
CUI ZX. *Actinidia in China* [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1993.

[2] 方金豹. 中国果树科学与实践-猕猴桃[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2021.
FANG JB. *Science and practice in China fruit-kiwifruit* [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 2021.

[3] 程岚, 许家华, 李保艳. 基于猕猴桃产销现状的思考与建议[J]. 西北园艺(果树), 2021, (4): 40–42.
CHENG L, XU JH, LI BY. Thoughts and suggestions based on the current situation of kiwifruit production and marketing [J]. Northwest Hortic, 2021, (4): 40–42.

[4] 朱加虹, 吕靖芳, 陈铭轩, 等. 红阳猕猴桃种植过程中农药残留特征分

析和对策建议[J]. 浙江农业科学, 2022, 11: 2601–2611.

ZHU JH, LV JF, CHEN MX, *et al.* Characterization analysis and promotion countermeasures about pesticide residues in kiwifruit [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2022, 11: 2601–2611.

[5] 郭西智, 任致远, 陈锦永, 等. 植物生长调节剂在西瓜甜瓜生产中的安全应用[J]. 中国瓜菜, 2017, 30(7): 42–44.
GUO XZ, REN ZY, CHEN JY, *et al.* Safety application of plant growth regulators in the production of watermelon and melon [J]. China Cucurb Veg, 2017, 30(7): 42–44.

[6] 王林闯, 赵建锋, 刘璐, 等. 不同浓度氯吡啶处理对西瓜果实发育、品质和产量的影响[J]. 北方园艺, 2022, (14): 43–48.
WANG LC, ZHAO JF, LIU L, *et al.* Effects of different concentrations of forchlorfenuron on fruit development, quality and yiled of watermelon [J]. Northern Hortic, 2022, (14): 43–48.

[7] AINALIDOU A, KARAMANOLI K, MENKISSOGLU-SPIROUDI U, *et al.* CPPU Creatment and pollination: Cheir combined effect on ki-wifruit growth and quality [J]. Sci Hortic, 2015, 193: 147–154.

[8] 李海亮, 李浩浩, 魏倩倩. 眉县猕猴桃果品氯吡啶残留量测定[J]. 陕西林业科技, 2021, 49(3): 56–60.
LI HL, LI HH, WEI QQ. Determination of chlorfenuron residue in kiwifruit of Mei County [J]. Shaanxi Forest Sci Technol, 2021, 49(3): 56–60.

[9] 赵治兵, 刘志刚, 谢国芳, 等. Florisil 分散固相萃取-HPLC 法测定猕猴桃中氯吡啶的残留[J]. 食品科技, 2018, 43(5): 339–342.
ZHAO ZB, LIU ZG, XIE GF, *et al.* Determination of forchlorfenuron resides in *Actinidia chinensis* Planch. by florisil dispersive solid phase extraction-high performance liquid chromatography [J]. Food Sci Technol, 2018, 43(5): 339–342.

[10] 刘焕, 周会玲, 王甜, 等. 膨大剂在猕猴桃上的应用分析[J]. 陕西农业科学, 2018, 64(2): 71–75.
LIU H, ZHOU HL, WANG T, *et al.* Analysis of application of swelling agent in *Actinidia chinensis* Planch. [J]. Shaanxi J Agric Sci, 2018, 64(2): 71–75.

[11] SAIED A, AMEEN K. Effect of Brassinolide and CPPU on growth and flowering of *Antirrhinum* [J]. Diyala Agric Sci J, 2012, 4(2): 187–199.

[12] 高敏霞, 冯新, 赖瑞联, 等. 猕猴桃果实内在品质评价指标及影响因素研究进展[J]. 东南园艺, 2018, 6(4): 39–44.
GAO MX, FENG X, LAI RL, *et al.* Research advances in the intrinsic quality evaluation index and impact factors of kiwifruit (*Actinidia chinensis*) fruit [J]. Southeast Hortic, 2018, 6(4): 39–44.

[13] 庞荣, 任亚梅, 袁春龙, 等. 膨大剂处理对六种猕猴桃采收和软熟时品质的影响[J]. 现代食品科技, 2017, 33(8): 235–242, 210.
PANG R, REN YM, YUAN CL, *et al.* Effect of forchlorfenuron treatment on the quality of six varieties of kiwifruit during harvest and ripening periods [J]. Mod Food Sci Technol, 2017, 33(8): 235–242, 210.

[14] 李灿, 魏金成, 焦汇民, 等. 中华猕猴桃新品种‘杨氏金红 50 号’在河南的引种表现及关键栽培技术[J]. 中国果树, 2020, (2): 110–112.
LI C, WEI JC, JIAO HM, *et al.* Introduction performance and key

- cultivation techniques of a new *Actinidia chinensis* cultivar ‘Yangshijinhong 50’ in Henan Province [J]. *China Fruits*, 2020, (2): 110–112.
- [15] 中国农业农村部农药检定所. 中国农药信息网[EB/OL]. <http://www.icama.org.cn> [2021-06-01].
Institute for the Control of Agrochemicals. China pesticide information network [EB/OL]. <http://www.icama.org.cn> [2021-06-01].
- [16] 郭琳琳, 庞荣丽, 罗静, 等. 猕猴桃果实采后常温贮藏期品质评价[J]. *中国果树*, 2021, (10): 18–24.
GUO LL, PANG RL, LUO J, *et al.* Quality evaluation of kiwifruit during postharvest storage [J]. *China Fruits*, 2021, (10): 18–24.
- [17] 孟庆龙, 尚静, 黄人帅, 等. 基于主成分回归的猕猴桃可溶性固形物无损检测[J]. *包装工程*, 2021, 42(3): 19–24.
MENG QL, SHANG J, HUANG RS, *et al.* Nondestructive detection for soluble solids content of kiwifruits based on principal component regression [J]. *Packag Eng*, 2021, 42(3): 19–24.
- [18] 杨飞, 李秀亚, 肖钧, 等. 红阳猕猴桃可溶性糖含量两种测定方法比较研究[J]. *农家参谋*, 2019, (5): 78–79, 83.
YANG F, LI XY, XIAO J, *et al.* Comparison of two methods for determination of soluble sugar content in ‘Hongyang’ Kiwifruit [J]. *Farmers Consult*, 2019, (5): 78–79, 83.
- [19] 李国秀, 刘小宁, 李劫. 高效液相色谱法测定猕猴桃中的 VC 含量[J]. *保鲜与加工*, 2016, 16(5): 89–93.
LI GX, LIU XN, LI J. Determination of VC content in *actinidia chinensis* planch by high performance liquid chromatography [J]. *Storage Process*, 2016, 16(5): 89–93.
- [20] 黄文俊, 钟彩虹. 猕猴桃果实采后生理研究进展[J]. *植物科学学报*, 2017, 35(4): 622–630.
HUANG WJ, ZHONG CH. Research advances in the postharvest physiology of kiwifruit [J]. *Plant Sci J*, 2017, 35(4): 622–630.
- [21] 孙戈, 衣颖. 不同处理方式对“泰山1号”猕猴桃果实产量的影响[J]. *种子科技*, 2022, 40(6): 1–3, 7.
SUN G, YI Y. Effects of different treatments on fruit yield of “Taishan 1” kiwifruit [J]. *Seed Sci Technol*, 2022, 40(6): 1–3, 7.
- [22] 董金磊, 郭文川. 不同质量浓度氯吡啶对猕猴桃果实理化参数的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2015, 43(10): 145–151.
DONG JL, GUO WC. Effect of forchlorfenuron concentration on physical and chemical properties of kiwifruits [J]. *J Northwest Agric Forest Univ (Nat Sci Ed)*, 2015, 43(10): 145–151.
- [23] 钱巍, 冯琴, 顾海龙, 等. 不同浓度氯吡啶处理对徐香猕猴桃果实单果重及品质的影响[J]. *农业与技术*, 2020, 40(19): 19–22.
QIAN W, FENG C, GU HL, *et al.* Effects of different concentrations of forchlorfenuron on fruit weight and quality of Xuxiang kiwifruit [J]. *Agric Technol*, 2020, 40(19): 19–22.
- [24] 许敏, 孔夏冰, 唐冬梅, 等. 不同浓度氯吡啶处理对猕猴桃质量安全的影响[J]. *农产品质量与安全*, 2022, (1): 63–67, 96.
XU M, KONG XB, TANG DM, *et al.* Effects of different concentration of forchlorfenuron on quality and safety of kiwifruit [J]. *Qual Saf Agro Prod*, 2022, (1): 63–67, 96.
- [25] 蔡晓, 郭文川, 曾硕崇, 等. CPPU 对生长期‘徐香’猕猴桃光学参数及内部品质的影响及其关系分析[J]. *食品科学*: 1–8. [2022-10-19]. <https://www.spkx.net.cn/CN/abstract/abstract55611.shtml>
CAI X, GUO WC, ZENG SC, *et al.* Effect of CPPU on optical parameters and internal quality of ‘xuxiang’ kiwifruit during growth and analysis of their relationship [J]. *Food Sci*: 1–8. [2022-10-19]. <https://www.spkx.net.cn/CN/abstract/abstract55611.shtml>
- [26] 李圆圆, 罗安伟, 李琳, 等. 采前氯吡啶处理对‘秦美’猕猴桃贮藏期间果实硬度及细胞壁降解的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(21): 273–278.
LI YY, LUO ANW, LI L, *et al.* Effect of preharvest 1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea treatment on fruit firmness and cell wall degradation of ‘qinmei’ kiwifruit during cold storage [J]. *Food Sci*, 2018, 39(21): 273–278.
- [27] 赵治兵, 王金华, 刘永玲, 等. 基于主成分分析法研究氯吡啶对猕猴桃品质的影响[J]. *食品工业*, 2018, 39(9): 190–193.
ZHAO ZB, WANG JH, LIU YL, *et al.* Explore the Influences of forchlorfenuron on the *Actinidia chinensis* Planch. quality based on principal component analysis method [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 39(9): 190–193.
- [28] 方金豹, 黄宏文, 李绍华. CPPU 对猕猴桃果实发育过程中糖、酸含量变化的影响[J]. *果树学报*, 2002, 19(4): 235–239.
FANG JB, HUANG HW, LI SH. Influence of CPPU on kiwifruit sugar content and titratable acidity during fruit development [J]. *J Fruit Sci*, 2002, 19(4): 235–239.
- [29] 郭琳琳, 罗静, 庞荣丽, 等. CPPU 处理猕猴桃常温贮藏过程中果实糖含量相关基因的表达分析[J]. *华北农学报*, 2019, 34(1): 40–45.
GUO LL, LUO J, PANG RL, *et al.* Gene expression related to sugar content during storage of kiwifruit under room temperature with CPPU treatment [J]. *Acta Agric Boreal-Sin*, 2019, 34(1): 40–45.
- [30] 陈双双, 钟嵘, 黄春辉, 等. 不同浓度氯吡啶对‘东红’猕猴桃果实品质的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2022, 44(3): 549–559.
CHEN SS, ZHONG R, HUANG CH, *et al.* Effects of different concentrations of chlorfenuron on fruit quality of ‘Donghong’ kiwifruit [J]. *Acta Agric Univ Jiangxiensis*, 2022, 44(3): 549–559.
- [31] 谭永中, 赵琳, 张恩广, 等. 不同浓度氯吡啶对红阳猕猴桃质量及其安全性的影响[J]. *南方农业学报*, 2016, 47(7): 1176–1180.
TAN YZ, ZHAO L, ZHANG ENG, *et al.* Effect of different concentrations of forchlorfenuron on quality and safety of Hongyang kiwifruit [J]. *J Southern Agric*, 2016, 47(7): 1176–1180.
- [32] 朱杰丽, 杨柳, 柴振林, 等. 氯吡啶对“徐香”猕猴桃果实品质的影响[J]. *福建林业科技*, 2014, 41(1): 113–115, 165.
ZHU JL, YANG L, CHAI ZL, *et al.* Effect of forchlorfenuron on xuxiang *actinidia deliciosa* fruit quality [J]. *J Fujian Forest Sci Technol*, 2014, 41(1): 113–115, 165.
- [33] 李菁, 孟庆庆, 张振华, 等. 氯吡啶在猕猴桃中的残留动态及影响因素研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(2): 393–399.
LI J, MENG QQ, ZHANG ZH, *et al.* Study on the residual dynamics and influencing factors of forchlorfenuron in kiwifruit [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(2): 393–399.

(责任编辑: 韩晓红 张晓寒)

作者简介



解鑫, 硕士研究生, 主要研究方向为果品质量安全及风险评估。
E-mail: 804765424@qq.com



庞荣丽, 研究员, 主要研究方向为果品质量安全及产地健康环境条件研究。
E-mail: prlpang@163.com