

DOI: 10.16626/j.cnki.issn1000-8047.2024.02.010

氯吡脞处理对脐红猕猴桃果实品质的影响*

张文¹, 罗赛男¹, 王仁才², 程小梅³, 曹胜¹, 卜范文¹, 周秀兰¹

(1 湖南省农业科学院园艺研究所, 长沙 410125) (2 湖南农业大学园艺学院)

(3 湖南省农业科学院农产品加工研究所)

摘要 脐红为深受市场欢迎的黄肉红心芽变猕猴桃新品种, 研究不同浓度氯吡脞处理对其果实品质的影响, 对脐红猕猴桃生产具有重要指导意义。设置 5、10 mg/L 氯吡脞水溶液 2 个处理, 在谢花后 25 d 进行浸果, 以清水为对照 (CK), 于果实成熟期测定果实的外观品质、内在品质、矿质元素及水解氨基酸含量。结果表明: 10 mg/L 氯吡脞水溶液处理后的单果重、横径、侧径、可溶性固形物含量、固酸比均增幅最大, 分别提高了 32.26%、17.09%、12.45%、9.38% 和 18.73%; 可滴定酸、维生素 C、花色苷含量和钙元素含量则显著降低, 分别降低了 7.75%、17.05%、52.13% 和 28.30%。在单个氨基酸方面, 胱氨酸和精氨酸等 2 种氨基酸含量随氯吡脞浓度的增加而显著降低, 丝氨酸、甘氨酸、脯氨酸等 3 种氨基酸含量则显著提高, 总氨基酸含量有所降低, 但差异不显著。在不同类别氨基酸方面, 甜味氨基酸含量随着氯吡脞浓度的增加而提高, 鲜味氨基酸、芳香氨基酸含量则降低。综上, 氯吡脞的施用可促进脐红猕猴桃果实膨大, 增加果实风味, 如提高可溶性固形物含量、降低可滴定酸含量, 但高浓度处理降低了果实营养品质, 如维生素 C、花色苷、钙元素、鲜味氨基酸和芳香氨基酸含量。建议种植户合理施用氯吡脞, 以促进脐红猕猴桃产业健康可持续发展。

关键词 猕猴桃; 氯吡脞; 果实品质; 氨基酸

中图分类号: S663.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-8047(2024)02-0058-06

Effect of chlorfenuron treatment on fruit quality of 'Qihong' kiwifruit

ZHANG Wen¹, LUO Sainan¹, WANG Rencai², CHENG Xiaomei³, CAO Sheng¹, BU Fanwen¹, ZHOU Xiulan¹

(1 Hunan Horticultural Research Institute, Hunan Academy of Agricultural Science, Changsha 410125) (2 College of Horticulture, Hunan Agricultural University) (3 Hunan Agricultural Products Processing Institute,

Hunan Academy of Agricultural Science)

Abstract 'Qihong' kiwifruit is a popular red fresh variety. To study the effects of different concentrations of chlorfenuron treatment on the fruit quality of 'Qihong' kiwifruit, will provide an important guiding for the kiwifruit production. This study consisted of two chlorfenuron concentrations (A1: 5 mg/L, A2: 10 mg/L). The fruit was soaked 25 days after full bloom, and water was used as control(CK). External quality, internal quality, the main mineral elements and the amino acids were measured during the fruit ripening period. The results showed that the fruit weight, transverse diameter, lateral diameter, soluble solids content and solid acid ratio were significantly increased under different treatments, and the A2 was the highest, with a significant increase of 32.26%, 17.09%, 12.45%, 9.38% and 18.73%. The concentration of titratable acidity, vitamin C, anthocyanins and calcium were significant decreased compared with the CK, and the A2 was the lowest, with a significant decrease of 7.75%, 17.05%, 52.13% and 28.30%. The concentration of cysteine and arginine were decreased significantly with the increasing of chlorfenuron treatment, but the serine, glycine and proline were increased. The total amino acid were decreased with no significant difference. The sweet amino acid (SAA), delicious amino acid (DAA) and aromatic amino acid (AAA) had a significant difference among the different chlorfenuron treatments. The results showed that the SAA were

本文于 2023-05-22 收到, 2023-06-27 收到修改稿。

*湖南省重点研发计划项目 (2022NK2013); 湖南省现代农业产业技术体系 (2019-2023)。

张文电话: 13739082752, E-mail: 664051653@qq.com; 罗赛男为通信作者, 电话: 15073195658, E-mail: 15073195658@163.com。

increasing with the chlorfenuron increasing. The DAA and AAA were decreased by the treatments. The results showed chlorfenuron can promote the kiwifruit shape expanding, improving the flavor of taste, increasing the soluble solids content and decreasing the titratable acidity. But the higher chlorfenuron may decreased the nutrition of kiwifruit as decreasing the concentration of vitamin C, anthocyanins, calcium, DAA and AAA. In order to promote the healthy and sustainable development of kiwifruit industry, it is suggested that planters apply chlorfenuron reasonably.

Key words kiwifruit; chlorfenuron; fruit quality; amino acid

猕猴桃具有维 C 之王、水果之王的称号, 根据果实颜色可分为 3 类: 绿色、黄色和红心^[1-3]。红心猕猴桃因富含花青素, 营养价值丰富, 在市场上深受消费者喜爱。目前主栽的红心猕猴桃有红阳、东红、红什 1 号等品种, 由于红心猕猴桃在栽培上易感溃疡病, 严重时造成大量死树、砍树, 经济损失惨重, 因此种植抗溃疡病的红心品种尤为重要。脐红是 2002 年西北农林科技大学等单位从红阳中选出的黄肉红心芽变猕猴桃品种, 果实顶部有明显的肚脐状突起, 具有树势强、抗逆性强、较抗溃疡病、品质优良、香味浓郁、丰产性好等优良性状^[4]。2013 年湖南省张家界市从西安市周至县科技部门引进脐红猕猴桃, 经过 4 年引种栽培成功, 现已成为张家界市优化特色水果结构的主要品种之一^[5]。

在生产上, 红心猕猴桃果实偏小, 为了追求经济效益, 种植者普遍施用氯吡脞进行膨果。氯吡脞, 即 1-(2-氯-4-吡啶基)-3-苯基脞, 简称 CPPU, 是一种人工合成的吡啶取代脞类细胞分裂素, 属低毒植物生长调节剂, 具有促进细胞分裂、保花保果、促进果实膨大等作用, 在葡萄^[6]、猕猴桃^[7]、草莓^[8]、枇杷^[9]等果树种植过程中使用广泛。农业部允许在猕猴桃栽培上施用的浓度为 5~20 mg/L, 能够增产 30%~50%^[10], 但操作不当会出现果实品质下降^[11]、不耐贮藏^[12]和安全性等问题^[13-14], 影响猕猴桃产业的健康发展。陈双双等^[15]研究表明, 8.3 mg/L 氯吡脞处理东红猕猴桃后可显著提高单果重、可溶性固形物含量、可溶性糖含量等。庞荣等^[16]指出, 氯吡脞处理对秦美、徐香、亚特和红阳的货架期、理化指标、香气物质有明显不利影响, 对海沃德的不利影响较小。因此, 氯吡脞处理在不同猕猴桃品种上表现有所不同。国内外学者在脐红猕猴桃上先后开展了生物学特性及果实耐贮性研究^[17]、营养品质动态分

析^[18]、溃疡病抗性研究^[19]等, 但对氯吡脞影响脐红果实风味及营养品质的报道甚少。本文通过设置不同浓度氯吡脞处理对果实外观品质、内在品质、主要矿物质元素(钾、钙、锌)和氨基酸等的影响, 综合分析氯吡脞对果实产量、风味和营养品质的影响, 为种植户在脐红猕猴桃栽培上合理施用氯吡脞满足不同消费需求提供参考, 同时促进脐红猕猴桃产业健康可持续发展。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

供试材料来源于湖南省张家界市代家湾金玉有机猕猴桃种植基地, 试验设计 5 mg/L 氯吡脞(A1)、10 mg/L 氯吡脞(A2) 2 个处理, 以清水为对照(CK)。每个处理选择树势基本一致的 3 株作为取样树, 重复 3 次。于花后 25 d 配制不同浓度氯吡脞, 倒入猕猴桃专用浸果器, 将整个果实置于浸果器中停留 2 s。于花后 150 d, 按不同方位在每株树冠上采集果形一致的 10 个猕猴桃果实, 每个处理共 90 个果实。采摘完先进行果实单果重、横径、纵径、侧径和干物质含量的测定, 待果实达到可食用状态时测定硬度和可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C、花色苷、矿物质元素、氨基酸含量。

1.2 试验方法

1.2.1 果实外观品质的测定

单果重采用电子天平(精度 0.001 g)称量, 果实横径、纵径、侧径采用游标卡尺测量。

1.2.2 果实内在品质的测定

干物质含量的测定: 沿着果实中心点横切 3 mm 的带皮薄片, 将其放在 60 ℃恒温烘箱中烘干至恒重, 干物质含量(%) = (烘干后的重量/烘干前的重量) × 100; 果实硬度采用 GY-4 型数显水果硬度计测定; 采用手持数显糖度计(PAL-1,

ATAGO) 测定可溶性固形物含量; 采用 NaOH 中和滴定法测定可滴定酸含量; 维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚法测定; 花色苷含量的测定采用上海苗彩生物科技有限公司生产的试剂盒 ZC-S0361。

1.2.3 矿质元素含量的测定

采用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮法制备待测液, 火焰光度法测定果实钾含量; 采用 HNO_3-HClO_4 消煮 ICP-AES 法测定果实钙、锌含量。

1.2.4 水解氨基酸含量的测定

待猕猴桃果实达到食用状态时, 称取 0.5 g 果肉样品于水解管中, 加入 10 mL 盐酸 (浓度为 6 mol/L) 溶液, 用酒精喷灯封口后放置于 110 °C 恒温箱中水解 22 h, 取出冷却。打开水解管, 将水解液过滤, 用去离子水多次冲洗, 定容至 50 mL 容量瓶中。吸取滤液 1 mL, 干燥除去溶剂, 最后用 1 mL 0.01 mol/L 盐酸溶解, 样品过 0.22 μm 滤膜, 过滤后的样品采用日本岛津氨基酸分析仪进行测定。其中氨基酸分析仪所用反应液为茚三酮及 4 种柠檬酸钠缓冲液 (pH 值分别为 3.3、3.2、

4.0、4.9)。

1.3 数据分析

用 Excel 软件进行数据处理及绘制图表, 用 SPSS 19 软件对数据作差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对猕猴桃果实外观品质的影响

由表 1 可知, 随着氯吡脞施用浓度的增加, 单果重、横径、侧径均显著增加, 纵径和横径/侧径差异均不显著, 但果形指数显著减小。在单果重方面, A2 处理显著提高了 32.26%, A1 处理显著提高了 18.82%; 在横径方面, A2 处理显著提高了 17.09%, A1 处理显著提高了 7.79%; 在侧径方面, A2 处理显著提高了 12.45%, A1 处理显著提高了 7.46%。由此可以看出, 氯吡脞对脐红猕猴桃的膨大效果以横径、侧径的增加为主, A2 处理的横向膨大容易造成猕猴桃果实空心。在果形指数方面, 未施用氯吡脞的脐红果实近圆柱形, A2 处理显著改变了果形指数, 果实形状变成了扁圆形。

表 1 氯吡脞处理对猕猴桃果实外观品质的影响

处理	单果重/g	纵径/mm	横径/mm	侧径/mm	果形指数	横径/侧径
A1	84.67 ± 2.21 b	55.83 ± 1.58 a	52.04 ± 0.28 b	45.50 ± 0.51 b	1.07 ± 0.04 a	1.14 ± 0.02 a
A2	94.25 ± 1.30 a	55.36 ± 0.60 a	56.53 ± 0.01 a	47.61 ± 0.12 a	0.98 ± 0.01 b	1.19 ± 0.01 a
CK	71.26 ± 0.97 c	52.70 ± 0.37 a	48.28 ± 0.56 c	42.34 ± 0.61 c	1.09 ± 0.01 a	1.14 ± 0.02 a

注: 同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

2.2 不同处理对猕猴桃果实内在品质的影响

如表 2 所示, 氯吡脞处理提高了果实的可溶性固形物含量, 降低了可滴定酸含量, 增加了固酸比, 降低了硬度、维生素 C 和花色苷的含量, 对干物质含量的影响不显著。在可溶性固形物含量方面, A2 处理显著增加了 9.38%, A1 处理增加了 5.31%, 但未达显著水平; 在可滴定酸含量方面, A2 处理显著降低了 7.75%, A1 处理降低了 3.10%, 但未达显著水平。由此导致氯吡脞处

理的果实固酸比显著增加, A2 处理增加 18.73%, A1 处理增加 8.84%, 果实风味口感提高。在硬度方面, A2 处理显著降低了 27.84%, A1 处理显著降低了 24.74%。在维生素 C 含量方面, A2 处理显著降低了 17.05%, A1 处理显著降低了 9.16%。在花色苷含量方面, A2 处理显著降低了 52.13%, A1 处理降低了 36.54%, 但未达显著水平。总体来看, 氯吡脞处理提高了果实风味口感, 但降低了抗氧化物质 (维生素 C 和花色苷) 含量。

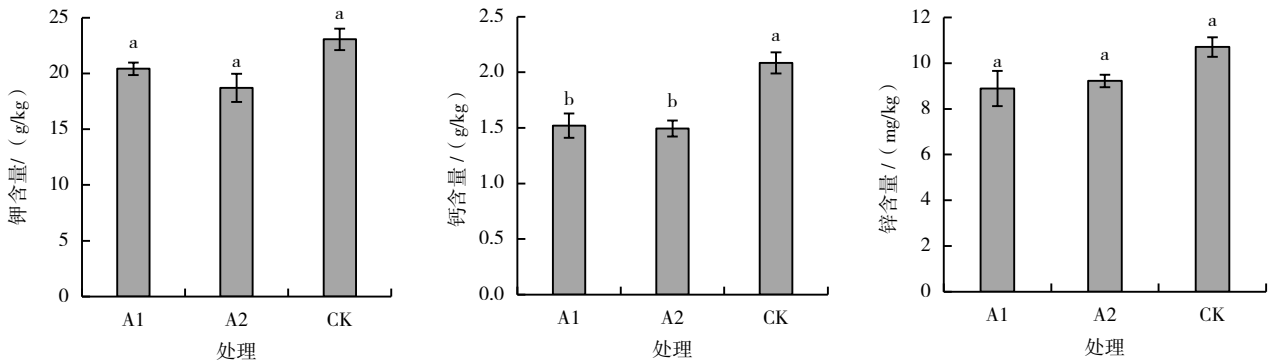
表 2 氯吡脞处理对猕猴桃果实内在品质的影响

处理	干物质含量 /%	硬度 /(kg/cm ²)	可溶性固形物 含量/%	可滴定酸 含量/%	固酸比	维生素 C 含量 /(mg/kg)	花色苷含量 /(mg/kg)
A1	21.14 ± 0.85 a	0.73 ± 0.09 b	16.85 ± 0.32 ab	1.25 ± 0.01 a	13.54 ± 0.35 b	1 143.2 ± 2.9 b	4.03 ± 1.34 ab
A2	21.17 ± 0.23 a	0.70 ± 0.09 b	17.50 ± 0.40 a	1.19 ± 0.01 b	14.77 ± 0.01 a	1 043.9 ± 17.2 c	3.04 ± 1.05 b
CK	20.19 ± 0.12 a	0.97 ± 0.10 a	16.00 ± 0.15 b	1.29 ± 0.02 a	12.44 ± 0.28 c	1 258.5 ± 11.2 a	6.35 ± 1.15 a

2.3 不同处理对猕猴桃果实矿质元素含量的影响

猕猴桃果实中的矿质元素以钾、钙、锌含量居多。如图 1 所示, 随着氯吡脞施用浓度的增加, 果实钾、钙含量均呈递减趋势, 锌含量无明显变

化。与 CK 相比, 氯吡脞处理的果实钾、锌含量均无显著差异, 钙含量表现出显著降低。钙含量的变化与果实硬度的表现呈相似的趋势, 这可能是导致施用氯吡脞后的果实不耐贮藏、容易腐烂的原因。



注: 图上不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 1 氯吡脞处理对猕猴桃果实矿质元素含量的影响

2.4 不同处理对猕猴桃果实氨基酸含量的影响

如表 3 所示, 共检测了 17 种脐红猕猴桃果实水解氨基酸, 其中丝氨酸、甘氨酸、胱氨酸、精氨酸、脯氨酸等 5 种氨基酸含量在不同浓度氯吡脞处理之间存在显著差异。胱氨酸和精氨酸等 2

种氨基酸含量随着氯吡脞处理浓度的增加而显著降低, 丝氨酸、甘氨酸、脯氨酸等 3 种氨基酸含量随着氯吡脞处理浓度的增加而显著提高, 这导致总氨基酸含量随着氯吡脞处理浓度的增加而降低, 但差异不显著。

表 3 氯吡脞处理对猕猴桃果实氨基酸含量的影响

处理	天冬氨酸含量	苏氨酸含量	丝氨酸含量	谷氨酸含量	甘氨酸含量	丙氨酸含量	缬氨酸含量	蛋氨酸含量	异亮氨酸含量
A1	0.74 ± 0.03 ab	0.46 ± 0.01 a	0.35 ± 0.01 b	1.60 ± 0.10 ab	0.55 ± 0.01 b	0.45 ± 0.02 a	0.63 ± 0.01 a	0.08 ± 0.01 a	0.51 ± 0.02 a
A2	0.68 ± 0.03 b	0.54 ± 0.01 a	0.42 ± 0.01 a	1.53 ± 0.09 b	0.63 ± 0.02 a	0.42 ± 0.01 a	0.61 ± 0.04 a	0.07 ± 0.01 a	0.50 ± 0.03 a
CK	0.83 ± 0.04 a	0.46 ± 0.08 a	0.37 ± 0.01 b	1.86 ± 0.06 a	0.51 ± 0.03 b	0.35 ± 0.01 b	0.71 ± 0.04 a	0.07 ± 0.01 a	0.58 ± 0.03 a

处理	亮氨酸含量	酪氨酸含量	苯丙氨酸含量	胱氨酸含量	赖氨酸含量	组氨酸含量	精氨酸含量	脯氨酸含量	总氨基酸含量
A1	0.66 ± 0.02 a	0.24 ± 0.01 a	0.48 ± 0.02 a	0.89 ± 0.01 b	0.40 ± 0.02 a	0.22 ± 0.01 a	0.85 ± 0.08 a	0.57 ± 0.01 b	9.68 ± 0.34 a
A2	0.66 ± 0.05 a	0.25 ± 0.03 a	0.45 ± 0.03 a	0.82 ± 0.01 c	0.35 ± 0.03 a	0.24 ± 0.01 a	0.55 ± 0.08 b	0.65 ± 0.01 a	9.37 ± 0.42 a
CK	0.78 ± 0.03 a	0.30 ± 0.02 a	0.54 ± 0.03 a	0.99 ± 0.01 a	0.44 ± 0.02 a	0.20 ± 0.03 a	0.77 ± 0.06 ab	0.54 ± 0.03 b	10.31 ± 0.45 a

从图 2 可以看出, 必需氨基酸 (苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸) 含量占总氨基酸含量的 30% 以上, 非必需氨基酸含量则占 60% 以上。甜味氨基酸 (丝氨酸、甘氨酸、组氨酸、苏氨酸、丙氨酸、脯氨酸)、鲜味氨基酸 (天冬氨酸、谷氨酸和赖氨酸) 和芳香氨基酸 (酪氨酸、苯丙氨酸和胱氨酸) 含量在不同浓度氯吡脞处理之间存在显著差异, 甜味氨基酸含量随着氯吡脞处理浓度的增加而提高, 鲜味氨基酸和芳香氨基酸含量则随着氯吡脞处理浓度的增加而降低。

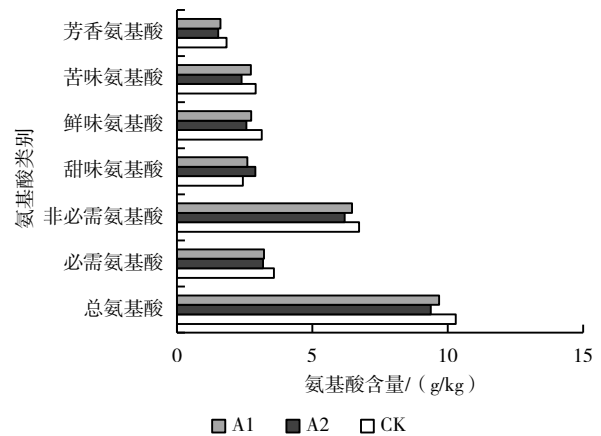


图 2 不同类别氨基酸含量分析

3 讨论

氯吡脞作为一种高活性的植物生长调节剂, 因价格低廉、操作方便、效果明显, 在生产上广泛使用。合适的氯吡脞浓度在猕猴桃果实处理上可显著增加单果重。蔡金术等^[20]采用 0.2、1、5 mg/L 氯吡脞溶液处理丰悦猕猴桃后, 发现 1、5 mg/L 处理单果重分别增加了 17.8%、11.4%; Kim 等^[21]于花后 10、15、20 d, 用 1、5、10 mg/L 氯吡脞溶液处理猕猴桃, 发现在花后 10 d 使用 5、10 mg/L 处理果实后, 单果重增加最为显著, 比对照增加了 50% 以上。本研究结果表明, 施用 5、10 mg/L 氯吡脞在不同程度上增加了脐红猕猴桃的单果重, 以横径、侧径的增加为主, 但 10 mg/L 处理显著改变了果形指数, 使果形由圆柱形变成扁圆形, 同时会产生横向膨大造成猕猴桃果实空心的问题。

在果实内在品质中, 糖、酸是影响果实风味的主要品质, 也是决定果实商品性优劣的重要指标。朱杰丽等^[22]研究 0、5、10、20、50、100 mg/L 6 个浓度氯吡脞处理对徐香猕猴桃果实品质的影响, 结果表明 5、10 mg/L 低浓度氯吡脞处理能改善果实品质。本研究结果与此相似, 施用氯吡脞通过提高可溶性固形物含量, 降低可滴定酸含量, 增加了果实风味。在果实硬度上, 许多研究表明氯吡脞处理能降低猕猴桃果实硬度, 究其原因可能是氯吡脞处理加速了细胞分裂导致果实组织疏松软化, 影响果实耐贮性^[23-26]。本研究也发现氯吡脞处理影响果实矿质元素钙含量的变化趋势与硬度变化趋势相似, 猜测这可能是导致施用氯吡脞的果实不耐贮藏、容易腐烂的原因。

随着经济的快速发展和人民生活水平的提高, 人们更加重视果实的营养成分。维生素 C、花青素属于抗氧化物质, 具有清除自由基的作用, 氨基酸也是果实营养成分之一。张承等^[27]发现 10 mg/L 氯吡脞处理降低了贵长猕猴桃的维生素 C 含量, 显著增加了甜味氨基酸含量, 降低了鲜味氨基酸、苦味氨基酸和芳香氨基酸的含量。这与本研究结果相似。

4 结论

本研究通过设置不同浓度氯吡脞处理对脐红猕猴桃果实外观品质、内在品质、主要矿质元素(钾、钙、锌)和氨基酸等的影响结果表明, 10 mg/L 氯吡脞可显著提高猕猴桃单果重、可溶性固形物含量、固酸比和甜味氨基酸含量, 但显著降低了果实硬度以及维生素 C、花色苷、钙元素、鲜味氨基酸、芳香氨基酸的含量。该研究结果为猕猴桃种植户合理施用氯吡脞提供参考, 对指导脐红猕猴桃健康生产具有重要意义。

参考文献

- [1] Pilkington S M, Montefiori M, Jameson P E, et al. The control of chlorophyll levels in maturing kiwifruit. *Planta*, 2012, 236(5): 1615-1628.
- [2] Ampomah-Dwamena C, Mcghe T, Wibisono R, et al. The kiwifruit lycopene beta-cyclase plays a significant role in carotenoid accumulation in fruit. *Journal of Experimental Botany*, 2009, 60(13): 3765-3779.
- [3] Montefiori M, Espley R V, Stevenson D, et al. Identification and characterisation of F3 GT1 and F3 GGT1, two glycosyltransferases responsible for anthocyanin biosynthesis in red-fleshed kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *The Plant Journal: for Cell and Molecular Biology*, 2011, 65(1): 106-118.
- [4] 郁俊谊, 刘占德, 姚春潮, 等. 猕猴桃新品种‘脐红’. *园艺学报*, 2015, 42(7): 1409-1410.
- [5] 覃华兰, 罗塞男, 卢良军, 等. 红心猕猴桃脐红在张家界市永定区的引种表现及栽培技术. *现代农业科技*, 2016(16): 83-84.
- [6] 宋 雯, 王 强, 张 佳, 等. 不同施肥方式下氯吡脞对藤稔葡萄生长和品质的影响. *浙江农业学报*, 2021, 33(10): 1879-1888.
- [7] 蒋小平. 膨大剂在猕猴桃上应用的利弊. *北方果树*, 2010(3): 43.
- [8] 苍 涛, 宋 雯, 赵学平, 等. 氯吡脞对草莓空心与畸形的影响. *浙江农业学报*, 2017, 29(9): 1537-1543.
- [9] 杨春平, 李钊君, 宁 红, 等. HPLC 检测枇杷中氯吡脞含量的前处理方法. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2016, 42(3): 350-357.
- [10] 刘大洋. 基于近红外光谱和高光谱图像技术无损识别猕猴桃膨大果. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [11] Patterson K J, Mason K A, Gould K S. Effects of CPPU on fruit growth maturity and storage quality of kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1993, 21(3): 253-261.
- [12] 王 玮, 何宜恒, 李 桦, 等. CPPU 处理对‘华优’猕猴桃品

(下转第 67 页)

渐变小^[20-21]。

综上所述,草莓穴盘扦插苗喷施适当浓度的矮壮素可培育壮苗,提高产量、改善品质,操作简单、便捷,成本低。矮壮素使用效果受到草莓品种、气候条件、营养状况、植株生长状况等多种因素的影响,需在小面积试验成功的基础上再大面积应用。本试验综合分析认为 200 mg/L 矮壮素处理效果最好。

参考文献

- [1] 李进,袁春新,孙正国,等. 化肥减量配施生物有机肥对大棚连作草莓的影响. 中国果树, 2022(11): 12-16.
- [2] 姜莉莉,谢娜,王晓芳,等. 底盘给水对草莓穴盘育苗的影响. 中国果树, 2023(4): 87-90.
- [3] 于红梅,袁华招,关玲,等. 江苏省草莓种苗繁育发展现状及对策建议. 江苏农业科学, 2021, 49(16): 139-143.
- [4] 王小红,田丽萍,薛琳,等. 矮壮素对油莎豆生理特性及内源激素含量变化的影响. 北方园艺, 2016(24): 26-31.
- [5] 何从亮,甘小虎,毛久庚,等. 矮壮素对工厂化黄瓜苗质量的影响. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 149-151.
- [6] 张义红. 苗龄和营养面积及化学调控对青花菜秧苗质量的影响. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017.
- [7] 孙丽萍,衣彩洁,温永刚,等. 3种生长调节剂对金鱼草穴盘苗生长调控作用. 北京农学院学报, 2017, 32(1): 64-67.
- [8] 初庆刚,曹玉芬,姜卓俊,等. 超早熟栽培草莓花芽分化进程的扫描电镜观察. 西北植物学报, 2013, 33(2): 317-321.
- [9] 赵密珍,王桂霞,钱亚明,等. 草莓种质资源描述规范和数据标

准. 北京: 中国农业出版社, 2006.

- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 万春雁,李金凤,霍恒志,等. 苗期氮素处理对草莓生长发育和产量的影响. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2023, 51(8): 1-7.
- [12] 徐田军,吕天放,陈传永,等. 种植密度和植物生长调节剂对玉米茎秆性状的影响及调控. 中国农业科学, 2019, 52(4): 629-638.
- [13] 史艳财,蒋立全,邹蓉,等. 多效唑和矮壮素对金花茶的矮化效果. 江苏农业科学, 2018, 46(20): 168-170.
- [14] 郭建文,田新会,张舒芸,等. 拔节期喷施矮壮素对小黑麦抗倒伏性及产量的影响. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(6): 42-49.
- [15] 李进. 矮壮素对小白菜高温半致死温度及耐热性的影响. 中国瓜菜, 2021, 34(1): 69-71.
- [16] 郑丹,王晓燕,彭西甜,等. 喷施矮壮素对茼蒿产量、品质及氮素利用特征的影响. 中国蔬菜, 2021(11): 61-68.
- [17] 孟敏敏,张锋,段温丹,等. 叶面喷施矮壮素对番茄嫁接愈合的调节作用. 西北植物学报, 2022, 42(7): 1144-1151.
- [18] 郭晴. *FaCO3* 及 *FaCO5* 在草莓光周期成花诱导中的功能鉴定. 沈阳: 沈阳农业大学, 2022.
- [19] 王惠群,萧浪涛,李合松,等. 矮壮素对马铃薯薯3号光合特征和磷素营养的影响. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1143-1147.
- [20] 马瑞琦,亓振,常旭虹,等. 化控剂对冬小麦植株性状及产量品质的调节效应. 作物杂志, 2018(1): 133-140.
- [21] 罗晓滔,赵冬,胡世俊,等. 多效唑、矮壮素对木棉苗木矮化效果的研究. 云南大学学报(自然科学版), 2021, 43(1): 174-181.

(上接第 62 页)

- 质及耐贮性的影响. 食品科学, 2016, 37(6): 261-267.
- [13] 朱阵国,李世平. 陕西猕猴桃种植户弃用膨大剂意愿影响因素分析——以周至县为例. 南方农业学报, 2014, 45(2): 323-327.
- [14] 张文,汤佳乐,程小梅,等. 湖南省猕猴桃农药残留及风险评估. 江西农业大学学报, 2021, 43(1): 42-51.
- [15] 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. 江西农业大学学报, 2022, 44(3): 549-559.
- [16] 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. 现代食品科技, 2017, 33(8): 235-242.
- [17] 刘娜. ‘脐红’猕猴桃生物学特性调查与果实贮藏性研究基于近红外光谱和高光谱图像技术无损识别猕猴桃膨大果. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [18] 刘军禄,郁俊谊,刘占德,等. 有机与常规栽培‘脐红’猕猴桃营养品质动态分析. 中国南方果树, 2017, 46(6): 89-92.
- [19] 王发明,齐贝贝,叶开玉,等. 九个中华类红肉猕猴桃品种的亲缘关系及其溃疡病抗性分析. 分子植物育种, 2021, 19(1): 193-199.

- [20] 蔡金术,王中炎. 低浓度 CPPU 对猕猴桃果实重量及品质的影响. 湖南农业科学, 2009(9): 146-148.
- [21] Kim J G, Takami Y, Mizugami T, et al. CPPU application on size and quality of hardy kiwifruit. Scientia Horticulturae, 2006, 110(2): 219-222.
- [22] 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. 福建林业科技, 2014(1): 113-116.
- [23] 钱巍,冯翠,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. 农业与技术, 2020, 40(19): 19-22.
- [24] 郑浩,韩佳欣,韩飞,等. 有机及生态绿色栽培对猕猴桃果实品质的影响. 植物科学学报, 2019, 37(6): 820-827.
- [25] 李国田,张雪丹,孙山,等. 氯吡啶处理对“泰山1号”猕猴桃采后果实呼吸和品质的影响. 北方园艺, 2020(12): 52-57.
- [26] 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. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(10): 145-151.
- [27] 张承,王秋萍,吴小毛,等. 氯吡啶对贵长猕猴桃果实氨基酸和香气成分的影响. 核农学报, 2019, 33(11): 2186-2194.