

3种药剂对猕猴桃花粉溃疡病菌灭菌 及果实产量的影响

The killing effect of three agents on *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*
of pollen and their effect on fruit yield of kiwifruit

曹凡¹ 高贵田^{1,2} 雷玉山^{2,3} 杜莹琳¹ 朱丹¹

CAO Fan¹ GAO Gui-tian^{1,2} LEI Yu-shan^{2,3} DU Ying-lin¹ ZHU Dan¹

徐雅芬¹ 张晓萍¹ 李朝政¹ 张鑫¹

XU Ya-fen¹ ZHANG Xiao-ping¹ LI Chao-zheng¹ ZHANG Xin¹

(1. 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710119; 2. 陕西省猕猴桃工程技术研究中心,
陕西 西安 710404; 3. 陕西省农村科技开发中心, 陕西 西安 710054)

(1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China;
2. Shaanxi Kiwifruit Engineering Technology Research Center, Xi'an, Shaanxi 710404, China;
3. Shaanxi Rural Science and Technology Development Center, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

摘要:以陕西周至被溃疡病菌(*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, Psa)污染的猕猴桃花粉为原料,分别用ClO₂溶液、噻霉酮和可杀得三千进行处理,研究3种药剂处理对Psa杀灭率、花粉生活力及处理后的花粉授粉对座果率、产量、单果重和种子数的影响。结果表明,ClO₂溶液、噻霉酮和可杀得三千3种药剂处理对花粉中Psa的杀灭率分别为99.7%, 99.6%, 99.4%, 花粉生活力分别为62.2%, 50.1%, 51.2%, 比对照组分别下降了0.5%, 19.1%, 24.1%;用处理后的花粉授粉对座果率的影响极显著(P<0.01), ClO₂处理组最佳,比对照组仅降低12%;ClO₂处理组对果实的总产量、单果重和种子数均无显著性差异。说明用10 mg/L ClO₂溶液处理花粉45 min,对防止猕猴桃花粉传播Psa有较大应用价值。

关键词:丁香假单胞杆菌猕猴桃致病性变种;花粉;生活力

Abstract: The kiwifruit pollen polluted by Psa (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*) in Shaanxi Zhouzhi was treated with solutions of ClO₂, Benziethiazolinone and Kocide, and the effects of them on the sterilization rate of Psa, pollen viability and the impacts

on fruit yield, single fruit weight and seed number were investigated. The results showed that after treating the kiwifruit pollen with ClO₂, Benziethiazolinone and Kocide, the bactericidal rates of Psa were 99.7%, 99.6% and 99.4%, and the pollen viability was 62.2%, 50.1% and 51.2%, respectively. Compared with the control group, the pollen viability decreased by 0.5% (ClO₂), 19.1% (Benziethiazolinone), 24.1% (Kocide), respectively, and the best one was processing group which treated with the ClO₂ solution which was only 12% lower than the control group. The group processed with ClO₂ solution had no significant difference in the kiwifruit yield, single fruit weight and seed number. It was indicated that the pollen should be treated with 10 mg/L ClO₂ solution for 45 min, and this would have the great application value to the dispersion of Psa by kiwifruit pollen.

Keywords: *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*; pollen; viability

猕猴桃(*Actinidia chinensis*)是“水果之王”“维C之冠”^[1-2]。全球共有30多个国家栽培种植,其中中国猕猴桃栽培面积及产量最大,分别占全世界的53%和38%^[3]。中国猕猴桃的主要产区分布在陕西、四川、安徽等地。绝大多数猕猴桃品种为功能性雌雄异株类型,人工授粉对猕猴桃果实大小及商品性、果肉颜色、产量等具有决定作用^[4-6]。近年来,猕猴桃产区爆发毁灭性的细菌性溃疡病,其病原菌为丁香假单胞杆菌猕猴桃致病变种(*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, Psa)^[6-8]。该病原菌致病性强、危害重、发病速度

基金项目:陕西省农业创新与攻关项目(编号:2016NY-188);中央高校基本科研业务费创新团队项目(编号:GK2016010007)

作者简介:曹凡,女,陕西师范大学在读硕士研究生。

通信作者:高贵田(1964—),男,陕西师范大学副教授,硕士,博士。
E-mail: gaoguitian2006@snnu.edu.cn

雷玉山(1963—),男,陕西省猕猴桃工程技术研究中心研究员,硕士,博士。E-mail: lei-yushan@163.com

收稿日期:2017-11-20

快、寄主范围广^[9],一旦感染发病无有效药物防治,只有挖树毁园,严重威胁猕猴桃产业的发展。在猕猴桃花粉传播 Psa 的研究方面,Gallelli 等^[10]通过分子检测水平发现意大利的猕猴桃花粉中存在 Psa;Stefani 等^[11]也从花粉中检测到 Psa,并且认为花粉是导致猕猴桃溃疡病传播的重要原因;Vanneste 等^[12]通过检测认为新西兰目前大面积流行的 PSA-V(强致病力菌株)病原菌是由于进口带菌花粉引起;Pattemore 等^[13]研究发现蜜蜂在 Psa 的传播过程中也起了较重要的作用。新西兰学者 Everett 等^[14]通过热处理方式杀灭花粉中的 Psa,该方法在菌悬液浓度为 10^7 CFU/mL, $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理 3.1 min,对 Psa 的杀灭率可达 90%,但花粉生活力下降可达 50%,对花粉生活力影响较大。目前中国在杀灭花粉中 Psa 方面还未有报道。

目前,对 Psa 的田间防治多采用化学试剂对树干、枝条、土壤等部位进行预防,噻霉酮、可杀得等农药对 Psa 的杀灭也取得较好的效果^[15-17]。二氧化氯(ClO_2)被世界卫生组织和世界粮食组织列为 A1 级安全高效的消毒剂,杀菌速度快、副产物少、效率高,非常适合果蔬表面的杀菌消毒剂^[18-21]。 ClO_2 具有较强的稳定性和氧化能力,对病毒、真菌、芽孢等具有杀灭作用^[22-24],对猕猴桃表面微生物灰霉^[25]、青霉^[26]、链格孢^[27]等多种微生物具有较强的杀菌作用。

本研究选用 ClO_2 、噻霉酮、可杀得三千 3 种药剂来杀灭猕猴桃花粉中的 Psa,并研究 3 种药剂对猕猴桃花粉生活力及猕猴桃果实产量、商品性的影响。建立既能杀死花粉中 Psa 又能保持花粉活力的消毒方法,为防止猕猴桃花粉传播 Psa 提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

丁香假单胞杆菌猕猴桃致病变种(*Pseudomonas syringae* pv.*actinidiae*, Psa):西北农林科技大学植保学院黄丽丽教授惠赠;

猕猴桃花粉:陕西佰瑞猕猴桃研究院有限公司;

ClO_2 缓释剂:有效缓释剂 8%,天津市张大科技发展有限公司;

噻霉酮:陕西西大华特科技实业有限公司;

可杀得三千:上海杜邦农化有限公司;

蛋白胨:分析纯,北京澳博星生物技术有限责任公司;

硫代硫酸钠、NaOH、2,3,5-三苯基四唑氯化物(TTC):分析纯,天津市天力化学试剂有限公司;

立式压力蒸汽灭菌锅:LDZX-30KBS 型,上海申安医疗器械厂;

恒温振荡器:THZ-C 型,太仓市实验器械设备厂;

生物显微镜:麦克奥迪 BA200 型,杭州量子检测仪器有限公司。

1.2 Psa 的培养

将 Psa 甘油菌接种在固体培养基上,于恒温培养箱 $24\text{ }^{\circ}\text{C}$

培养 3 d,挑取单菌落接种在已灭菌的液体培养基中,于恒温振荡器中过夜培养 12 h,菌悬液浓度为 10^4 CFU/mL。

1.3 3 种药剂对猕猴桃花粉中 Psa 杀灭效果研究

将培养好的菌悬液均匀喷湿在猕猴桃花粉上,自然晾干。准确称取被 Psa 污染的花粉 0.1 g 于 100 mL King's B 液体培养基中(2.00 g 蛋白胨、0.15 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.15 g K_2HPO_4 、1 mL 甘油), $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、200 r/min 过夜培养 8~12 h,使菌悬液浓度为 10^4 CFU/mL。配置 ClO_2 溶液浓度梯度为 1.25, 12.50, 25.00 mg/L;噻霉酮溶液浓度梯度为 125.0, 312.5, 625.0 $\mu\text{L/L}$;可杀得三千溶液浓度为 12.50, 31.25, 62.50 mg/L。分别吸取菌悬液 1 mL 对应加入 4 mL 不同浓度的 ClO_2 、噻霉酮、可杀得三千溶液于 10 mL 离心管,充分混匀,使 ClO_2 溶液最终浓度分别达到 1, 10, 20 mg/L;噻霉酮溶液最终浓度分别达到 100, 250, 500 $\mu\text{L/L}$;可杀得三千溶液最终浓度分别达到 10, 25, 50 mg/L。作用时间梯度为 15, 30, 45, 60 min 后,加入 0.5 mL 中和剂(5 g 硫代硫酸钠晶体与 20 mL 吐温 80 加热溶于 1 000 mL 磷酸缓冲液中),中和 10 min,用无菌水代替 ClO_2 溶液进行空白对照。吸取最终样液 100 μL 进行涂布,于 $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 培养箱培养 3 d,菌落计数法按式(1)计算:

$$c = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

c ——杀灭率, %;

m_1 ——对照组菌落数;

m_2 ——试验组菌落数。

1.4 3 种药剂对花粉生活力影响

准确称取 0.1 g 花粉,分别加入 1 mL 的 ClO_2 溶液浓度为 1, 10, 20 mg/L;噻霉酮溶液浓度为 100, 250, 500 $\mu\text{L/L}$;可杀得三千溶液浓度为 1, 5, 10 mg/L 于 10 mL 离心管中,充分混匀,分别作用 15, 30, 45 min 后,加入 0.5 mL 中和剂,中和 10 min,用无菌水代替 ClO_2 溶液进行空白对照。以氯化三苯基四氮唑(TTC)染色法进行花粉活力的检测^[28],取 1 滴最终样液于载玻片上,加 1 滴 TTC 染色剂染色后制成切片,在 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中放置 15 min,于光学显微镜下观察,显示红色即为有生活力的花粉。每个处理观察 3 个载玻片,每个载玻片观察 3 个视野,按式(2)计算:

$$c = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

c ——花粉生活力, %;

m_1 ——有生活力花粉数;

m_2 ——总花粉数。

1.5 花粉消毒

花粉消毒处理液体授粉花粉溶液根据文献^[29]修改如下:对照组 0.5 g 花粉、0.1 g 硼砂、0.3 g 蔗糖、50 μL 柔水通、0.5 g 硫代硫酸钠、2.0 mL 吐温 80、100 mL 磷酸缓冲液。处理组根据对 Psa 的杀灭率及花粉生活力的试验结果,将 ClO_2 、噻霉酮、可杀得三千分别加入花粉溶液(0.5 g 花粉、

0.1 g 硼砂、0.3 g 蔗糖、50 μ L 柔水通、100 mL 磷酸缓冲液)中,使终浓度分别为 10,500,10 mg/L,处理 45,30,15 min 后加入中和剂(0.5 g 硫代硫酸钠、2.0 mL 吐温 80)。花粉溶液需现配现用,超过 2 h 花粉逐渐失去活力,影响授粉效果。

1.6 授粉

以陕西省周至县九峰乡 5 年生猕猴桃种植园为试验田,选取健康、无病害、树势相近的“海沃德”猕猴桃果树 16 棵,4 棵树为一试验组,根据对 Psa 的杀灭率及花粉生活力的试验结果,分别设置为 ClO₂ 处理组:ClO₂ 溶液浓度 10 mg/L,处理时间 45 min;噻霉酮处理组:噻霉酮溶液浓度 500 μ L/L,处理时间 30 min;可杀得三千处理组:可杀得三千溶液 10 mg/L,处理时间 15 min;对照组:不做任何处理。授粉前,将所有雌花在大蕾期进行套袋,防止蜜蜂授粉,盛花期解开套袋并进行授粉,授粉后立即再套袋,防止蜜蜂进行二次授粉。待猕猴桃花瓣自然脱落,解开套袋。进行人工授粉时,以清晨授粉为宜,以确保能够有充分的授粉率。

1.7 果实座果率、产量、种子数的统计

授粉结束 1 个月后,调查各树座果率。10 月中旬采摘果实,调查猕猴桃产量、单果重、果实种子数。以每 4 棵树为一个试验组,根据每棵树的总产量和果实个数计算每棵树果实单果重。每棵树分别选取大、中、小 3 个大小不同的猕猴桃,于室温下放至变软,取 1/4,去皮、芯,置于纱布中揉搓,将果渣倒入水中摇匀静置 5 min,弃渣取出种子。按式(3)计算座果率。

$$c = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%,$$

式中:

c ——座果率,%;

m_1 ——座果数;

m_2 ——授粉花朵数。

(3)

2 结果与分析

2.1 3 种药剂对花粉中 Psa 的杀灭率

由表 1 可知,随着处理浓度的升高和时间的延长对 Psa

杀灭作用逐渐增大。当 ClO₂ 的浓度为 10 mg/L,处理 45 min 时,对 Psa 的杀灭率达到 99%以上,ClO₂ 的浓度为 20 mg/L,处理 45 min 时,对 Psa 的杀灭率达到 100%;噻霉酮的浓度为 500 μ L/L,处理 30 min,对 Psa 的杀灭率达到 99%以上,当处理时间为 45 min 时,杀灭率可达 100%;可杀得三千的处理浓度为 10 mg/L,时间为 15 min 时,杀灭率为 99%以上,当处理时间为 45 min 时,杀灭率可高达 100%。

2.2 3 种药剂对花粉生活力的影响

花粉生活力是判断花粉是否具有授精能力的指标,环境温度、湿度对花粉生活力都有较大的影响^[30]。由表 2 可知,用噻霉酮和可杀得三千处理花粉后,花粉的生活力随着药剂浓度的增大和作用时间的延长而降低;使用 ClO₂ 溶液处理花粉后,同一浓度,处理前 30 min,花粉生活力逐渐下降,但处理后期,花粉生活力呈上升趋势。ClO₂ 属于弱酸类化合物,与孢粉素不溶,花粉的外壁完整,对花粉生活力影响较小。可杀得三千是无机铜制剂,有效成分是氢氧化铜,属于碱制剂,能溶解孢粉素,破坏花粉外壁,降低花粉生活力。

通过 3 种药剂对 Psa 的杀灭作用和花粉生活力的研究,选择杀灭作用高且对花粉生活力影响小的药剂浓度和作用时间。因此本研究选择 ClO₂ 溶液浓度 10 mg/L,时间 45 min,噻霉酮溶液浓度 500 μ L/L,时间 30 min;可杀得三千溶液浓度 10 mg/L,时间 15 min。

2.3 3 种药剂处理对猕猴桃产量、种子数的影响

2.3.1 3 种药剂处理对猕猴桃座果率的影响 猕猴桃花粉的生活力直接影响果实的座果率,花粉生活力越大,座果率越高。授粉前,对照组、ClO₂ 溶液、噻霉酮和可杀得三千处理组花朵数分别为 63.47,71.45,78.47,81.85 个,授粉 1 个月后统计座果数分别为 53.00,52.50,52.75,57.75 个,座果率分别为 83.5%,73.48%,67.22%,70.56%,较对照组分别下降 12.0%,15.5%,19.5%,各处理组均与对照组有极显著性差异(P<0.01),但 ClO₂ 处理组对座果率影响较小,见图 1。因此,在生产中,应尽量选择对座果率影响较小的试剂处理花粉。

表 1 3 种药剂作用浓度和时间对花粉中 Psa 杀灭效果的影响[†]

Table 1 Efficacy of three kinds of medicament in killing Psa of pollen for different periods of concentration and time (n=3)

药剂名称	药剂浓度/ (mg · L ⁻¹)	作用时间/min			
		15	30	45	60
蒸馏水	—	0.00±0.00 ^{dA}	0.00±0.00 ^{dA}	0.00±0.00 ^{dA}	0.00±0.00 ^{dA}
	1.00	72.38±0.13 ^{cD}	78.16±0.05 ^{cC}	83.81±0.11 ^{cB}	84.73±0.23 ^{bA}
ClO ₂ 溶液	10.00	95.32±0.15 ^{bD}	98.23±0.19 ^{bC}	99.70±0.05 ^{bB}	100.00±0.00 ^{aA}
	20.00	99.28±0.11 ^{aC}	99.90±0.10 ^{aB}	100.00±0.00 ^{aA}	100.00±0.00 ^{aA}
	0.10	70.00±0.15 ^{cD}	49.56±0.15 ^{cC}	57.00±0.13 ^{cB}	73.62±0.21 ^{cA}
噻霉酮溶液	0.25	90.25±0.32 ^{bD}	95.16±0.17 ^{bC}	97.31±0.12 ^{bB}	98.97±0.09 ^{bA}
	0.50	96.42±0.13 ^{aC}	99.60±0.25 ^{aB}	100.00±0.00 ^{aA}	100.00±0.00 ^{aA}
	1.00	78.73±0.08 ^{cD}	87.62±0.13 ^{cC}	89.00±0.18 ^{cB}	99.90±0.05 ^{aA}
可杀得三千溶液	5.00	83.47±0.13 ^{bD}	89.56±0.10 ^{bC}	94.71±0.13 ^{bB}	100.00±0.00 ^{aA}
	10.00	99.40±0.10 ^{aC}	99.91±0.05 ^{aB}	100.00±0.00 ^{aA}	100.00±0.00 ^{aA}

[†] 试验温度是 25 ℃;不同小写字母表示纵向 P≤5% 差异显著性,不同大写字母表示横向 P≤5% 差异显著性。

表 2 3 种药剂作用浓度和时间对花粉活力的影响[†]

Table 2 Efficacy of three kinds of medicament in killing Psa for different periods of concentration and time ($n=3$)

药剂名称	药剂浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	作用时间/min		
		15	30	45
蒸馏水	—	$75.33 \pm 0.05^{\text{dC}}$	$69.22 \pm 0.07^{\text{dB}}$	$62.70 \pm 0.13^{\text{dA}}$
	1.00	$66.49 \pm 0.25^{\text{cC}}$	$57.48 \pm 0.20^{\text{cB}}$	$60.40 \pm 0.13^{\text{cA}}$
ClO ₂ 溶液	10.00	$60.31 \pm 0.10^{\text{bC}}$	$54.32 \pm 0.12^{\text{bB}}$	$62.20 \pm 0.07^{\text{bA}}$
	20.00	$47.72 \pm 0.14^{\text{aC}}$	$43.16 \pm 0.17^{\text{aB}}$	$48.96 \pm 0.13^{\text{aA}}$
噻霉酮溶液	0.10	$65.75 \pm 0.13^{\text{cC}}$	$61.93 \pm 0.23^{\text{cB}}$	$59.73 \pm 0.13^{\text{cA}}$
	0.25	$62.37 \pm 0.25^{\text{bC}}$	$59.49 \pm 0.26^{\text{bB}}$	$53.89 \pm 0.13^{\text{bA}}$
	0.50	$55.36 \pm 0.12^{\text{aC}}$	$50.10 \pm 0.05^{\text{aB}}$	$47.42 \pm 0.13^{\text{aA}}$
可杀得三千溶液	1.00	$60.46 \pm 0.18^{\text{bC}}$	$57.52 \pm 0.13^{\text{cB}}$	$53.68 \pm 0.13^{\text{cA}}$
	5.00	$57.73 \pm 0.13^{\text{bC}}$	$55.82 \pm 0.20^{\text{bB}}$	$49.62 \pm 0.05^{\text{bA}}$
	10.00	$51.20 \pm 0.04^{\text{aC}}$	$48.39 \pm 0.14^{\text{aB}}$	$45.83 \pm 0.11^{\text{aA}}$

[†] 不同小写字母表示纵向 $P \leq 5\%$ 差异显著性,不同大写字母表示横向 $P \leq 5\%$ 差异显著性。

2.3.2 3 种药剂处理对猕猴桃总产量的影响 由图 2 可知,对照组、ClO₂溶液、噻霉酮和可杀得三千处理组猕猴桃果实的总产量分别为 4 455.0,4 205.0,4 078.5,3 955.0 g,3 种药剂处理花粉后总产量都有下降,以可杀得三千处理组下降最多,较对照组下降 11.2%,差异显著($P < 0.05$);ClO₂处理组和噻霉酮处理组较对照组分别下降 5.6%和 8.4%,均无显著性差异,以 ClO₂处理组较好。

2.3.3 3 种药剂处理对猕猴桃单果重的影响 由图 3 可知,对照组、ClO₂溶液、噻霉酮和可杀得三千处理组猕猴桃果实的单果重分别为 84.06,79.02,75.65,68.48 g,3 种药剂处理花粉后果实的单果重都有降低,以可杀得三千处理组下降最

多,较对照组下降 18.5%,差异显著($P < 0.05$);ClO₂处理组和噻霉酮处理分别下降 6%和 10%,均无显著性差异,说明 ClO₂处理组和噻霉酮处理组对猕猴桃单果重的影响不大,以 ClO₂处理组较好。

2.3.4 3 种药剂处理对猕猴桃种子数的影响 授粉效果影响果实种子数量,从而影响果实大小。一般种子越多,果实越大,风味越好^[31-32]。由图 4 可知,对照组、ClO₂溶液、噻霉酮和可杀得三千处理组猕猴桃果实种子数分别为 791.75,781.50,479.00,480.25 个,其中可杀得三千处理组和噻霉酮处理组的果实种子数较对照组下降可达 35%以上,差异极显著($P < 0.01$);ClO₂处理组的种子数仅下降 1.2%,无显著性

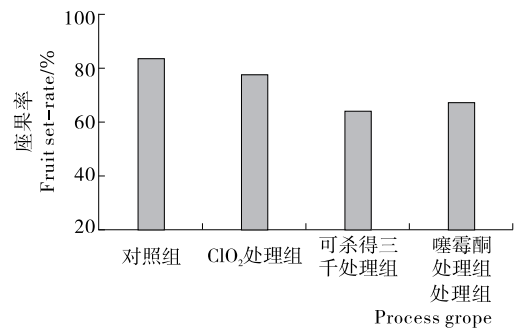


图 1 3 种药剂处理对猕猴桃座果率的影响
Figure 1 Effects of three kinds of medicament on setting rate of kiwifruit ($n=3$)

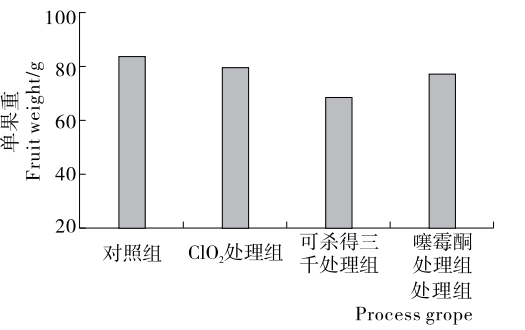


图 3 3 种药剂处理对猕猴桃单果重的影响
Figure 3 Effects of three kinds of medicament on weight of single kiwifruit ($n=3$)

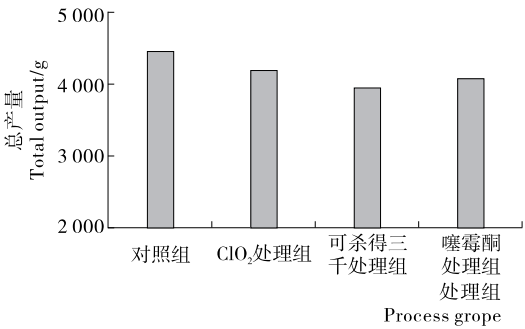


图 2 3 种药剂处理对猕猴桃总产量的影响
Figure 2 Effects of three kinds of medicament on output of kiwifruit ($n=3$)

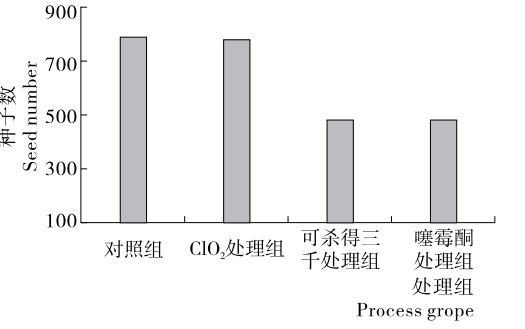


图 4 3 种药剂处理对猕猴桃种子数的影响
Figure 4 Effects of three kinds of medicament on on seed number of kiwifruit ($n=3$)

差异,表明 ClO_2 处理组对种子数影响较小。结果与郭晓成^[33]发现的猕猴桃果实中种子数量与果实大小呈正相关结果一致,同时也说明在液体授粉前将 ClO_2 加入花粉溶液进行花粉中 Psa 消毒在猕猴桃栽培生产中有比较广阔的应用前景。

3 结论

被 Psa 污染的花粉以 10 mg/L ClO_2 溶液处理 45 min 对花粉中 Psa 的杀菌率为 99.7%,而花粉生活力仅下降 0.5%、座果率下降 12%、总产量下降 5.6%、单果重下降 6%、种子数下降 1.2%,表明 10 mg/L ClO_2 溶液处理 45 min 对花粉中 Psa 杀菌率高,花粉生活力影响小,在生产上能有效防止猕猴桃花粉传播 Psa ,具有较大的推广价值。前人的研究方法对花粉的生活力影响较大,本研究对花粉的生活力影响较小,但在授粉时需要将花粉配制成液体,加大了授粉难度,生产上一般选用干粉授粉,因此后续的试验可深入研究干粉授粉,降低授粉难度。

参考文献

- [1] 黄诚,周长春,李伟. 猕猴桃的营养保健功能与开发利用研究[J]. 食品科技, 2007(4): 51-55.
- [2] 许牡丹,曹晴,毛跟年,等. 猕猴桃营养咀嚼片制备工艺优化与质量评价[J]. 食品与机械, 2016, 32(8): 188-191.
- [3] 雷玉山,王西锐,姚春潮,等. 猕猴桃无公害生产技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2010: 3-5.
- [4] 齐秀娟,徐善坤,钟云鹏,等. 不同来源猕猴桃雄株花粉特性遗传差异及聚类分析[J]. 果树学报, 2016, 33(10): 1 194-1 205.
- [5] SEAL A G, DUNN J K, SILVA H N D, et al. Choice of pollen parent affects red flesh colour in seedlings of diploid *Actinidia chinensis* (kiwifruit)[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2013, 41(4): 207-218.
- [6] DENNEY J O. Xenia includes metaxenia[J]. HortScience, 1992, 27: 722-728.
- [7] TAKIKAWA Y, SERIZAWAE S, ICHIKAWA T, et al. *Pseudomonas syringae* pv. nov. The causal bacterium of canker of kiwifruit in Japan[J]. Annals of the Phytopathological Society of Japan, 1989, 55(4): 437-444.
- [8] MAZZAGLIA A, STUDHOLME D J, TARATUFOLO M C, et al. *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (PSA) isolates from recent bacterial canker of kiwifruit outbreaks belong to the same genetic lineage[J]. Plos One, 2012, 7(5): e36 518.
- [9] 黄其玲,高小宁,赵志博,等. GFPuv 土壤、根系中的定殖[J]. 中国农业科学, 2013, 46(2): 282-291.
- [10] GALLELLI A, LAERORA A, LORETI S. Gene sequence analysis for the molecular detection of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*: developing diagnostic protocols[J]. Journal of Plant Pathology, 2011, 93(2): 425-435.
- [11] STEFANI E, GIOVANARD D. Dissemination of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* through pollen and its epiphytic life on leaves and fruits[J]. Phytopathologia Mediterranea, 2011, 50: 501-505.
- [12] VANNESTE J L, GIOVANARD D, YU J C. Detection of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* in pollen samples[J]. New Zealand Plant Protection, 2011, 64: 246-251.
- [13] PATTEMORE D E, GOODMIN R M, MCBRYDIORNISH D A, et al. Evidence of the role of honey bees (*Apis mellifera*) as vectors of the bacterial plant pathogen *Pseudomonas syringae* [J]. Australasian Plant Pathol, 2014, 43(5): 571-575.
- [14] EVERETT K R, COHEN D, PUSHARAJAH I P S, et al. Heat treatments to kill *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* on contaminated pollen[J]. New Zealand Plant Protection, 2012, 65: 8-18.
- [15] 谭永中,赵琳,周贤文,等. 噻霉酮对猕猴桃溃疡病的防治效果及施药方法[J]. 中国南方果树, 2016, 45(2): 140-141.
- [16] 秦虎强,赵志博,高小宁,等. 四种杀菌剂防治猕猴桃溃疡病的效果及田间应用技术[J]. 植物保护学报, 2016, 43(2): 321-328.
- [17] 焦红红. 猕猴桃细菌性溃疡病防治药物的筛选[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014: 29-31.
- [18] LEE S Y, GRAY P M, DOUGHERTY R H, et al. The use of chlorine dioxide to control *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores in aqueous suspension and on apples[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 92: 121-127.
- [19] LEE S Y, DANCER G I, CHANGA S S, et al. Efficacy of chlorine dioxide gas against *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores on apple surfaces[J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 108: 364-368.
- [20] HODGES D W, FORNEY C F, WISMER W. Processing line effects on storage attributes of fresh-cut spinach leaves[J]. Hortscience: A Publication of the American Society for Horticultural Science, 2000, 35(7): 1 308-1 311.
- [21] TSAI L S, HUXSOLL C C, ROBERTSON G. Prevention of potato spoilage during storage by chlorine dioxide[J]. Journal of Food Science, 2001, 66(3): 472-477.
- [22] 李学敏,张福娥,田若涛,等. 一种二氧化氯消毒剂消毒相关性研究[J]. 中国消毒学杂志, 2017, 34(8): 739-741.
- [23] 田红炎,饶景萍. 二氧化氯处理对机械损伤猕猴桃果实的防腐保鲜效果[J]. 食品科学, 2012, 33(18): 298-302.
- [24] 许艳顺,朱建秋,葛黎红,等. 二氧化氯减菌化处理对发酵鱼糜品质的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 47-49.
- [25] 耿鹏飞. 猕猴桃灰霉病防治与保鲜技术研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015: 12-15.
- [26] 薛敏. 气体 ClO_2 对猕猴桃青霉的抑制作用及对猕猴桃保鲜效果的研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015: 13-16.
- [27] 赵金梅. 中华猕猴桃褐斑病病原鉴定及 ClO_2 杀灭效果的研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2014: 36-37.
- [28] 杨红,余和明,李小艳,等. 猕猴桃花粉生活力测定方法及花药处理方法研究[J]. 北方园艺, 2015(8): 36-39.
- [29] 潘德林,张计育,程竞卉,等. 不同授粉方式对猕猴桃着果率的影响[J]. 中国南方果树, 2017, 46(1): 120-122.
- [30] 陈永安,陈鑫,刘艳飞. 采粉期及贮藏条件对猕猴桃花粉生活力的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(8): 157-160.
- [31] 陈学选,蒋桂华,谢鸣,等. 猕猴桃种子对果实大小及品质的影响[J]. 浙江农业科学, 1990(5): 243-245.
- [32] 陈建业,李占红,宁玉霞. 猕猴桃花粉悬浊液省力化制备及其生物效应[J]. 果树学报, 2014, 31(6): 1 105-1 109.
- [33] 郭晓成. 猕猴桃溶液授粉技术[J]. 山西果树, 2007(1): 16-17.