

绿颖矿物油及其复配剂对红树林 考氏白盾蚧的防治试验

郑志翰, 彭建, 杨盛昌*

(厦门大学环境与生态学院, 福建 厦门 361102)

摘要: 利用绿颖单剂、绿颖-次氯酸钠(次氯酸钠固定体积分数 2.5%)复配剂防治秋茄(*Kandelia obovata*)红树林中的考氏白盾蚧(*Pseudaulacaspis cockerelli*)的试验结果表明, 绿颖体积分数 0.2%时, 无论是单剂还是复配剂均无法杀死各发育阶段蚧虫; 绿颖体积分数为 20%时, 单剂和复配剂防治效果显著; 当绿颖体积分数为 2%时, 绿颖-次氯酸钠复配剂补喷 11 d 的药效优于绿颖单剂。绿颖对于红树林区考氏白盾蚧防治有应用前景, 复配 2.5%次氯酸钠和药剂补喷都可以提升防治效果。

关键词: 考氏白盾蚧; 绿颖矿物油; 次氯酸钠; 防治; 红树林

中图分类号: S 763.35 **文献标志码:** A

红树林作为一个开放程度较高的生态系统, 受环境影响明显。近年来, 红树林虫害不断发生, 逐渐引起人们关注^[1]。盾蚧(Diaspididae)类昆虫通过刺吸红树植物叶片和嫩梢, 导致叶片变黄、卷曲、早落^[2], 是红树林常见害虫之一。目前关于红树林盾蚧类的研究多聚焦于物种的调查及基本生活史、形态观察及危害情况^[3-5]。现已发现有 7 种红树林盾蚧^[1], 主要危害秋茄(*Kandelia obovata*), 其中考氏白盾蚧(*Pseudaulacaspis cockerelli*)危害范围较为广泛, 在福建厦门^[2]、广西北海^[3]、广东廉江^[6]均有该种的报道, 局部地区发生严重。随着红树林生态修复面积增多, 该虫在东南沿海的红树林存在大面积暴发的风险。本研究利用绿颖矿物油对其进行防控试验, 以期科学控制该虫提供技术支撑。

绿颖是一种食品级农用喷淋油, 可被微生物降解, 具有高效、低毒、环境友好的特点^[7-8]。薛云红^[9]曾尝试对厦门秋茄牡蛎蚧(*Lepidosaphes* sp.)进行防控, 发现绿颖、苦参碱、噻虫啉 3 种药剂对一龄若虫有较好的杀灭效果。绿颖可以通过溶解蚧壳蜡质、形成油膜封闭盾蚧

收稿日期: 2020-09-12 **录用日期:** 2020-12-14

基金项目: 国家重点研发专项(2017YFC0506103)

***通信作者:** scyang@xmu.edu.cn

感受器、物理窒息等方式达到灭杀盾蚧的目的^[10]。蚧壳一经溶解，盾蚧虫体会暴露于海水中，可以增强绿颖杀灭盾蚧的效果。红树林区生长在海岸潮间带，潮水易冲刷稀释药剂，绿颖作为矿物油，通过形成油膜而保持较久的作用，有利于药效的提高^[11]。此外，次氯酸钠作为广泛且低成本的杀菌剂，常用于水体消毒，也见于虫体及虫卵杀灭试验。Thanh-Loc 等利用次氯酸钠与加压二氧化碳协同灭活海水中的肠球菌，发现二者联合处理比二者单独处理有更高的效率^[12]；也有学者将次氯酸钠与物理手段结合以杀灭菌群^[13-14]。同时次氯酸钠易于分解，对环境影响较小，能否与绿颖复配成制剂尚不得而知，本文对此开展试验进行验证。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

2019 年 11 月到 12 月，在厦门市海沧区嵩屿码头秋茄红树林中开展考氏白盾蚧防治试验。试验地为半日潮，沙质土壤，植株高度在 1.0~1.3 m 之间，密度为 4 棵/m²。前期调查发现，危害秋茄红树林的蚧虫主要有考氏白盾蚧、砺盾蚧两种，其中考氏白盾蚧更为严重。

1.2 试验方法

1.2.1 药剂处理设置

本试验采用的药剂为韩油能源公司生产的绿颖矿物油 99%乳油和西陇科学生产的次氯酸钠 (NaClO) 溶液 (分析纯，有效氯含量≥8%)。设计了绿颖单剂及绿颖-次氯酸钠复配剂两种方式进行试验。绿颖单剂为绿颖的水溶剂，浓度分别为 0.2%、2.0%、20% (体积分数) 及空白对照 CK。复配剂为绿颖与 5% (体积分数) 次氯酸钠混合配制而成，使绿颖浓度为 0.2%、2%、20%，次氯酸钠终浓度为 2.5% (体积分数)。

1.2.2 施药和调查方法

用手持喷壶对被考氏白盾蚧危害的植株叶片进行施药。混匀药剂后，均匀喷施到叶片，至有液滴流下。药剂喷施选在退潮后立即进行，以获得最长的药效作用时间。每个浓度处理选取 1 个枝条上的 1 对成熟叶进行试验，重复 6 次，喷洒药剂后的第 3 d、6 d、11 d，采取叶片带回实验室进行镜检观察计数。同时，在野外进行补喷试验，材料选自喷洒试剂 3 d 后的植株，补喷 3 d 及 8 d (对应于未补喷试验的第 6 d 及第 11 d) 后，采取叶片带回实验室进行镜检观察计数。喷施前对每对叶上的考氏白盾蚧雌成虫、二龄若虫和一龄若虫进行计数，并对处理材料做好标记。每叶盾蚧数量应在 10 头以上，当叶片盾蚧数量少于 10 个时，将其合并至其他组分进行统计分析。镜检观察计数的显微镜型号为 Olympus SZ2-ILST LED

Illuminator Stand。

1.3 数据处理方法

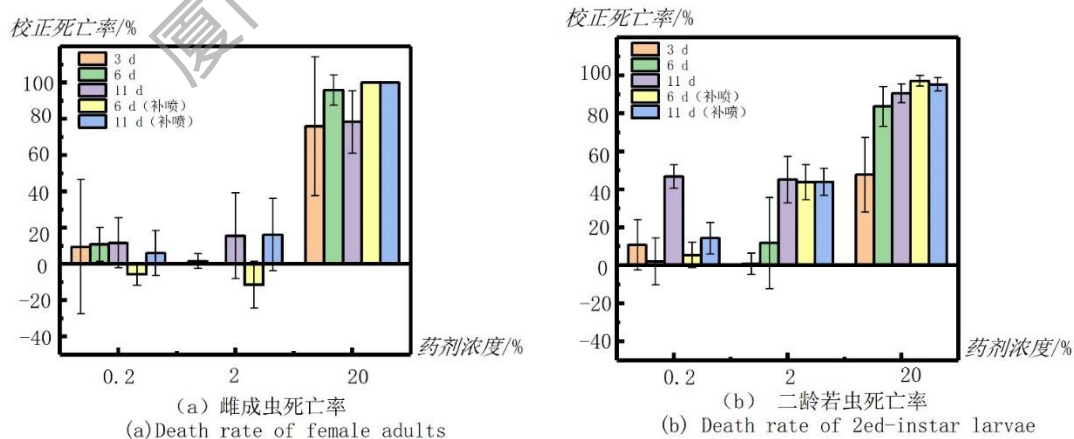
通过公式 $P = \frac{(P_0 - CK)}{(1 - CK)}$ 对盾蚧的死亡率进行校正，以校正死亡率表示考氏白盾蚧死亡率。

由于出现了负防效，不能够进行反正弦变换，故采用对数变换^[15] ($P' = \log_{10}(P + 2)$)。针对变换的结果进行双因素方差分析，并对存在显著性差异的处理进行邓肯氏多重差异范围测验法 (Duncan's Multiple Range Test, DMRT) 分析^[16]。最后采用 t -检验分析绿颖单剂和绿颖-次氯酸钠的差异。

2 结果与分析

2.1 绿颖单剂防治效果

喷施不同浓度的绿颖单剂后，不同发育阶段盾蚧死亡率如图 1 所示 (详见附录 S1)。随着浓度升高，绿颖对考氏白盾蚧各发育阶段虫体防治效果总体呈现增加趋势。对于雌成虫而言，20%浓度对盾蚧雌成虫杀灭效果明显，而 0.2%浓度和 2%浓度绿颖剂对雌成虫防治效果并不显著；对二龄若虫和一龄若虫而言，20%浓度下绿颖对盾蚧各发育阶段虫体杀死效果明显，2%浓度有一定杀灭效果，0.2%浓度无明显杀灭效果。方差分析结果表明，对于雌成虫，只有药剂浓度对其防治效果有显著影响 ($p < 0.01$)；对于二龄若虫，药剂喷施天数、药剂浓度对其防治有显著影响 ($p < 0.01$)；对于一龄若虫而言，天数、浓度以及二者的交互作用都对其防治效果有显著影响 ($p < 0.01$) (附录 S2)。



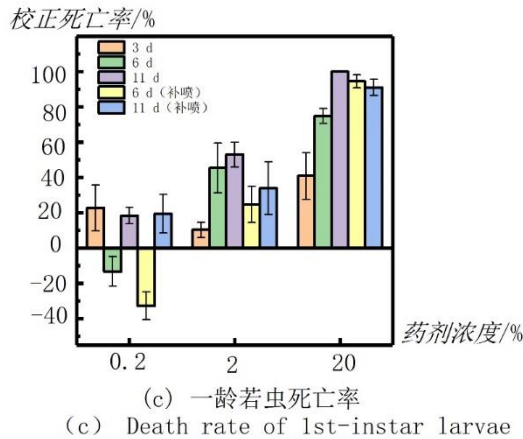


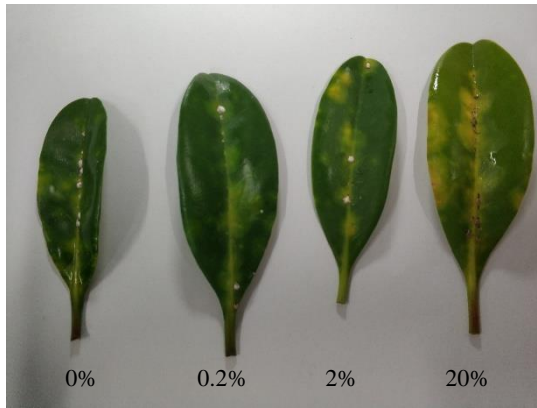
图 1 单剂作用考氏白盾蚧校正死亡率

Fig.1 Adjusted death rate of SK EnSpray 99 on *P. cockerelli*

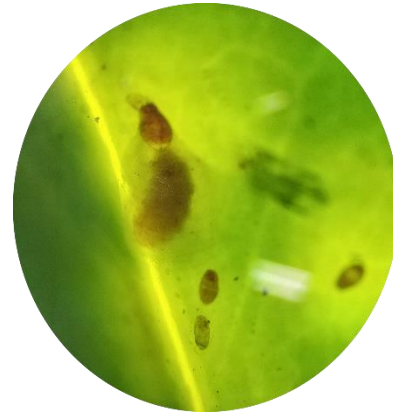
根据方差分析结果，对各发育阶段有显著防治效果的部分进行 DMRT 显著性检验表明（附录 S3），对雌成虫、二龄若虫和一龄若虫防治效果最佳的药剂浓度均为 20% 浓度处理，死亡率分别为(88.91±4.83)%、(81.92±5.94)%、(78.76±5.18)%。0.2% 和 2% 药剂浓度对雌成虫和二龄若虫药效无显著差异，但 2% 药剂浓度对一龄若虫药效显著高于 0.2%。从药剂作用时间来看，二龄若虫在 11 d（补）时死亡率最高，达到(98.57±1.43)%；一龄若虫在 11 d 时死亡率最高，达到 100.00%。但总体而言，随时间延长，对二龄若虫和一龄若虫的防治效果变化不明显（附录 S4）。唯一存在喷施天数和药剂浓度交互作用的一龄若虫组中，死亡率最高的是 20% 药剂浓度与 6 d、11 d、6 d（补）、11 d（补）的组合，分别为(74.80±4.24)%、100.00%、(94.44±3.96)%、(90.99±4.52)%，次之为 2% 药剂浓度与 6 d、11 d 的组合，分别为(45.36±14.10)%、(52.97±7.08)%（附录 S5）。总体来说，20% 绿颖浓度药剂对各个阶段盾蚧的消杀效果明显，而 2% 浓度、0.2% 浓度对二龄若虫和雌成虫防治无显著效果。延长药剂作用时间，可以提高绿颖对盾蚧一龄若虫的杀灭效果。

2.2 复配剂对试验结果的影响

喷施不同浓度的绿颖-次氯酸钠复配剂后，杀灭盾蚧的具体表现为虫体发黑，软化或干瘪，壳内积水。在绿颖-次氯酸钠复配剂中 20% 浓度的作用下，肉眼可见二龄雌虫和雌成虫蚧壳明显发黑（图 2（a）），显微镜下发现蚧壳透光性增强，近乎透明（图 2（b））。



(a) 不同浓度复配剂喷施效果

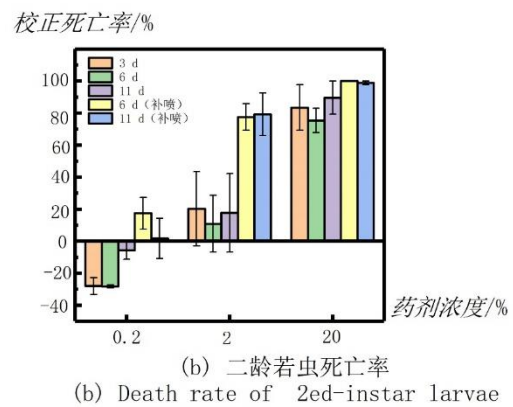
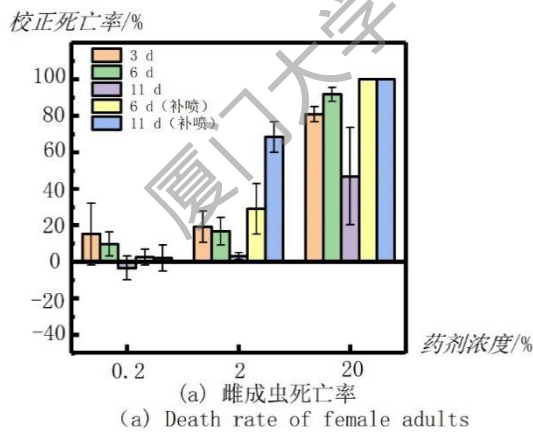


(b) 镜检图 (雌成虫 ×4)

图2 绿颖防治盾蚧效果

Fig. 2 Controlling effects of SK EnSpray 99 on *P. cockerelli*

不同发育阶段的考氏白盾蚧死亡率如图3所示(详见附录S6)。0.2%浓度药剂仍旧对考氏白盾蚧防治效果不佳,20%浓度对盾蚧各发育阶段普遍有较好防效。2%浓度下,复配剂呈现出的效果不同于绿颖单剂,采取补喷措施的一些组分对考氏白盾蚧各阶段的防效接近20%浓度防效。用对数变换后的数据进行统计分析。由方差分析(附录S7)可以看出,各发育阶段盾蚧均存在天数、浓度防治的显著效果($p < 0.01$),施药天数×浓度的交互作用对雌成虫死亡率有显著影响($p = 0.01$)。



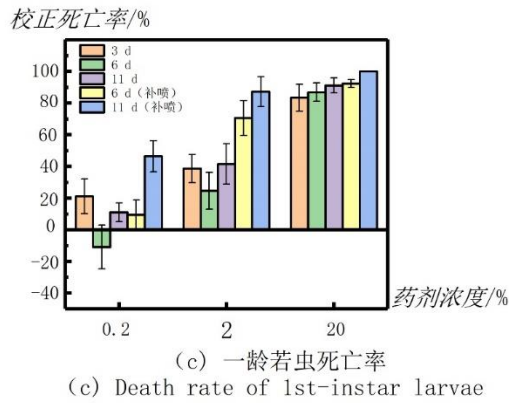


图3 绿颖-次氯酸钠复配剂作用考氏白盾蚧校正死亡率

Fig.3 Adjusted death rate of the mixture of SK EnSpray 99 and sodium hypochlorite on *Pseudaulacaspis cockerelli*

绿颖复配剂施药天数和施药浓度的 DMRT 检验结果显示，盾蚧各个发育阶段的三个施药浓度间药效均存在显著性差异，药效最高的是 20%，2% 药效次之，最低的为 0.2%（附录 S8）。在雌成虫中，3 d 组与 6 d（补）组、11 d 组与 11 d（补）组均存在显著性差异；在二龄若虫中，3 d 组与 6 d（补）组药效存在显著差异；在一龄若虫中，6 d 组、11 d 组药效都与 6 d（补）组、11 d（补）组药效有显著差异（附录 S9）。对雌成虫药效最佳的为 3 d、6 d、6 d（补）及 11 d（补）组的 20% 浓度药剂以及 11 d（补）组的 2% 浓度药剂，11 d 组的 20% 浓度药效次之（附录 S10）。

2.3 绿颖单剂和绿颖-次氯酸钠复配剂的差异分析

对绿颖单剂、绿颖-次氯酸钠复配剂的盾蚧校正死亡率进行差异分析，发现绿颖单剂与绿颖-次氯酸钠药效存在显著差异（ $p=0.007$ ）。

在 20% 药剂浓度下，无论是单剂还是复配剂盾蚧死亡率都为最高值（附录 S3、附录 S9），均可达到 100.00%；在绿颖—次氯酸钠复配剂中，2% 药剂浓度的盾蚧死亡率显著高于 0.2% 药剂浓度，与单剂呈现不同的消杀效果。对 2% 浓度下绿颖单剂、绿颖—次氯酸钠复配剂的盾蚧死亡率进行差异分析，独立样本 t -检验结果如表 1 所示。

表 1 两种药剂 2% 浓度药效 t -检验

Tab. 1 T-test between both medicaments under concentration of 2%

	t	Df	p (双侧)	均值差值	标准误差值	差分的 95% 置信区间 下限 上限
雌成虫	-2.875	32.000	0.007	-0.041*	0.014	-0.071 -0.012

二龄若虫	-1.081	32.952	0.287	-0.024	0.022	-0.069	0.021
一龄若虫	-2.437	56.000	0.018	-0.037*	0.015	-0.067	-0.007

对于各个雌成虫和一龄若虫盾蚧而言，2%绿颖浓度下，绿颖-次氯酸钠复配剂的药效较单剂有所提高，其中雌成虫死亡率分别为(26.67±6.31)%、(5.51±3.58)%，一龄若虫死亡率分别为(53.46±6.09)%、(32.77±5.32)%。进一步分析喷施时间对两种剂的药效影响，结果如表2所示。

表2 2%浓度下不同时间的单剂和复配剂药效差异检验

Tab. 2 T-test between both medicaments under concentration of 2% in different time

发育阶段	天数	<i>t</i>	df	<i>p</i> (双侧)	均值差值	标准误差值	差分的95% 置信区间 下限	上限
雌成虫	3 d	-2.067	2.268	0.159	-0.036	0.017	-0.103	0.031
	6 d	-2.208	3.000	0.114	-0.034	0.015	-0.083	0.015
	11 d	0.882	5.000	0.418	0.024	0.027	-0.046	0.094
	6 d (补)	-2.632	4.000	0.058	-0.083	0.032	-0.171	0.005
	11 d (补)	-3.674	5.000	0.014	-0.095*	0.026	-0.161	-0.029
二龄若虫	3 d	-0.697	4.661	0.519	-0.032	0.046	-0.152	0.088
	6 d	-0.014	4.000	0.989	-0.001	0.064	-0.179	0.178
	11 d	1.182	5.000	0.290	0.055	0.047	-0.065	0.175
	6 d (补)	-2.722	9.000	0.024	-0.057*	0.021	-0.104	-0.010
	11 d (补)	-2.226	6.000	0.068	-0.053	0.024	-0.112	0.005
一龄若虫	3 d	-2.907	10.000	0.016	-0.054*	0.019	-0.095	-0.013
	6 d	1.069	9.000	0.313	0.037	0.035	-0.042	0.116
	11 d	0.809	9.000	0.439	0.022	0.028	-0.040	0.085
	6 d (补)	-3.049	10.000	0.012	-0.081*	0.027	-0.140	-0.022
	11 d (补)	-2.633	10.000	0.025	-0.093*	0.035	-0.172	-0.014

显然，在2%药剂浓度下，对于一龄若虫而言，单剂与复配剂喷施3 d的盾蚧死亡率有显著差异，其他发育阶段及喷施时间的死亡率均无显著差异；在补喷处理组中，单剂与复配剂的药效在雌成虫11 d (补)、二龄若虫6 d (补)、一龄若虫6 d (补)、11 d (补)中有显著差异，雌成虫6 d (补)、二龄若虫11 d (补)死亡率无显著差异(表3)。可见绿颖-次氯酸钠复配之后，补喷对药效的提高作用强于绿颖单剂。对于防御能力较差的一龄若虫，绿颖-次氯酸钠复配剂的补喷效果尤其突出。

3 讨论

绿颖矿物防治对象包括桔树 (*Citrus reticulata*) 上的介壳虫、红蜘蛛 (*Tetranychus cinnbarinus*)，苹果树 (*Malus pumila*) 上的红蜘蛛，茶树 (*Camellia sinensis*) 上的茶橙瘿

螨 (*Acaphylla theae*)，番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 上的烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 等虫害和螨害；也可用于防治黄瓜 (*Cucumis sativus*) 上的白粉病。陈德毓^[8]将绿颖矿物油 50 倍—150 倍液用于防治柑橘矢尖蚧 (*Unaspis yanonensis Kuwana*) 成、幼蚧，药后 7d 防效均在 94% 以上，药后 15d 防效均达到 98% 以上，药后 30 d 防效均达到 99% 以上。俸文中^[17]使用绿颖 150 倍液防治柿绵蚧 (*Acanthococcus kaki*)，10 d、20 d、30 d 药效分别为 94.3%、95.7%、97.3%，对柿绵蚧有较好的防治效果。

绿颖浓度为 2% (体积分数) 时，单剂对盾蚧无明显灭杀效果，而复配剂呈现一定程度的杀灭作用。当绿颖浓度为 20% (体积分数) 时，单剂及绿颖-次氯酸钠复配剂有明显灭杀作用。

本研究中，20% 浓度下的绿颖能使秋茄上的考氏白盾蚧雌成虫和二龄雌若虫虫体变黑死亡，绿颖-次氯酸钠复配剂作用下，蚧壳软化明显，几变透明，虫体变黑变软。但 2.0% 浓度下的绿颖对二龄若虫和一龄若虫防治效果最高仅为 45.17% 和 52.97%。因此，喷施绿颖单剂对考氏白盾蚧防治有一定效果。一些 0.2% 浓度处理由于无法有效杀灭盾蚧，可能会呈现出低于清水空白的防治效果，导致了负防效的出现。

绿颖-次氯酸钠复配剂可将 2% 浓度下雌成虫、二龄若虫、一龄若虫死亡率提高至 68.41%、79.18%、87.14%，补喷处理的盾蚧死亡率也能显著提高。绿颖复配次氯酸钠，可能增强了对蚧壳的溶蚀能力。蚧壳被溶蚀后，绿颖-次氯酸钠复配剂更容易进入蚧壳，在较短的时间内对虫体产生作用。章庆辉等^[18]使用绿颖对柏牡蛎蚧的药效试验表明绿颖 300 倍液喷施 2 次的药效显著优于喷施一次的药效。由于红树林受潮汐影响，药剂的效用因此下降，薛云红^[7]建议使用绿颖喷药三次以防治秋茄砺盾蚧。我们认为，适当补喷可以提高红树林区考氏白盾蚧的防治效果，建议喷施绿颖-次氯酸钠复配剂 3 天后进行补喷，选择 2.0% (体积分数) 绿颖浓度为宜。

4 结论

通过野外试验，初步验证了矿物油药剂绿颖及其与次氯酸钠复配后对红树林区考氏白盾蚧的防治效果。0.2% 浓度下，不论是绿颖还是绿颖—次氯酸钠复配剂，对各发育阶段盾蚧均无显著防治作用。2.0% 浓度下，绿颖单剂无法有效防治红树林考氏白盾蚧，但复配剂却有较好的防治效果。20.0% 浓度下，单剂和复配剂都可以有效防治各发育阶段盾蚧。基于环保和经济的原则，建议采用 2.0% 浓度，间隔 3 天喷施 2 次绿颖-次氯酸钠复配剂，可以有效

防治红树林考氏白盾蚧虫害。

参考文献:

- [1] 杨盛昌, 彭建, 薛云红, 等. 中国红树林的害虫种类及其综合防治[J]. 中国森林病虫, 2020, 39(1): 32-41.
- [2] 林克明, 简翠馨, 张天佑, 等. 考氏白盾蚧药效试验初报[J]. 昆虫知识, 1988(4): 223-225.
- [3] 张飞萍, 杨志伟, 江宝福, 等. 红树林考氏白盾蚧的初步研究[J]. 福建林学院学报, 2008(3): 316-320.
- [4] 刘文爱, 范航清. 危害广西红树植物秋茄的 4 种主要盾蚧调查研究[J]. 安徽农学通报(下半月刊), 2010, 16(22): 95+132.
- [5] 刘文爱, 薛云红, 范航清. 红树林蚧虫的发生和扩散规律[J]. 中国森林病虫, 2019, 38(6): 11-15.
- [6] 徐家雄, 林明生, 陈瑞屏, 等. 粤港地区红树林害虫种类调查[J]. 广东林业科技, 2008(2): 46-49.
- [7] 刘志俊, 张秀珍. 杀虫防病新理念——食品级杀虫/杀螨、杀菌剂——绿颖在山东省隆重推出[J]. 农药市场信息, 2003(16): 24.
- [8] 刘志俊, 张秀珍, 贾云. 杀虫剂——绿颖简介[J]. 农药科学与管理, 2003(8): 46-47.
- [9] 薛云红. 厦门秋茄蚧盾蚧(*Lepidosaphes* sp.)生物学特性及其综合防治技术的研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2018.
- [10] 黄振东, 占红木. 农用矿物油的应用之二 矿物油的作用机理及药效特点[J]. 江西农业, 2014(10): 71.
- [11] 陈德毓. 99%绿颖矿物油防治柑橘矢尖蚧药效试验[J]. 南方园艺, 2013, 24(4): 23-24.
- [12] DANG T L T, IMAI T, LE VAN T, et al. Synergistic effect of pressurized carbon dioxide and sodium hypochlorite on the inactivation of *Enterococcus* sp. in seawater[J]. Water Research, 2016, 106:204-213.
- [13] KIM M, PARK S Y, HA S D. Synergistic effect of a combination of ultraviolet-C irradiation and sodium hypochlorite to reduce *Listeria monocytogenes* biofilms on stainless steel and eggshell surfaces[J]. Food Control, 2016, 70:103-109.
- [14] FRANCISCO C A I, NAVES E A A, FERREIRA D C, et al. Synergistic effect of sodium hypochlorite and ultrasound bath in the decontamination of fresh arugulas[J]. Journal of Food Safety, 2018, 38(1): e12391.
- [15] 刘梦泽, 胡惠娟, 卢光文, 等. 农药防效试验统计分析中一些问题的探讨[J]. 中国植保导刊, 2012, 32(1):50-51.
- [16] 杨竹轩, 李晓军. 对于农药田间药效试验数据处理几个问题的浅见[J]. 农药科学与管理, 2003(9): 26-28.
- [17] 俸文中. 99%绿颖矿物油防治柿绵蚧田间药效试验[J]. 南方园艺, 2009, 20(3): 32, 35.
- [18] 章庆辉, 许毅, 吴柏荣, 等. “绿颖”矿物油防治杨梅“柏牡蚧”药效试验报告[J]. 现代园艺, 2011(14): 8.

Control test of *Pseudaulacaspis cockerelli* in mangrove based on SK EnSpray 99 and its compatibility agent

ZHENG Zhihan, PENG Jian, YANG Shengchang*

(College of the Environment & Ecology, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

Abstract: Through an experiment on the *Pseudaulacaspis cockerelli* in mangrove, a low concentration (0.2%) of SK EnSpray 99 including the mixture of SK EnSpray 99 and sodium hypochlorite (2.5%) can hardly kill the pests, while a high concentration (20%) of both insecticides have significant effect on the control of the pests. At a middle concentration (2%), the mixture shows a better controlling effect than SK EnSpray 99 alone last a 11-days' affecting after spraying again in the third day. SK EnSpray 99 is expected to control *Pseudaulacaspis cockerelli* in the future. The control effect would have an obvious promotion after mixed with sodium hypochlorite, and increasing spraying frequency can be an effective way to decrease the pests.

Keywords: *Pseudaulacaspis cockerelli*; SK EnSpray 99; sodium hypochlorite; control; mangrove

厦门大学学报 (自然科学版)