

阿维菌素和高效氯氰菊酯混配对 红脉穗螟的增效作用

钟宝珠^{1,2}, 冯焕德¹, 张中润¹, 吕朝军^{2*}, 高 燕^{3*}

¹中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所/农业部华南作物基因资源与种质创制重点实验室, 海南 儋州 571737; ²中国热带农业科学院椰子研究所, 海南 文昌 571339; ³广东省农业科学院植物保护研究所/广东省植物保护新技术重点实验室, 广东 广州 510640

摘要:【目的】阿维菌素和高效氯氰菊酯作为作用机制不同的2种杀虫剂,常被种植户用于红脉穗螟的防治;但是2种药剂的混配增效作用如何尚不明确。【方法】采用室内生物测定的方法,研究了阿维菌素和高效氯氰菊酯对红脉穗螟的生物活性,同时开展了2种药剂混配增效作用的研究。【结果】阿维菌素和高效氯氰菊酯均对红脉穗螟表现出胃毒活性,LC₅₀值分别为22.24和18.18 mg·L⁻¹。阿维菌素(A)和高效氯氰菊酯(B)以质量浓度比($\rho_A:\rho_B$)4:5和9:5混配,对红脉穗螟表现出联合作用,共毒系数分别为93.78和107.78;以 $\rho_A:\rho_B=5:1$ 混配后共毒系数达259.07,表现出显著的增效作用;而以 $\rho_A:\rho_B=3:10$ 混配表现出拮抗作用,共毒系数仅为76.72。【结论】阿维菌素和高效氯氰菊酯在不同的混配比例下,会表现出不同的混配效果。其中,以质量浓度比5:1混配表现出增效作用。

关键词: 红脉穗螟; 阿维菌素; 高效氯氰菊酯; 生物活性; 增效作用

Synergism of avermectins and beta cypermethrin against *Tirathaba rufivena* (Walker)

ZHONG Baozhu^{1,2}, FENG Huande¹, ZHANG Zhongrun¹, LÜ Chaojun^{2*}, GAO Yan^{3*}

¹Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement in Southern China, Ministry of Agriculture, Danzhou, Hainan 571737, China;

²Coconut Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wenchang, Hainan 571339, China;

³Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou, Guangdong 510640, China

Abstract:【Aim】Avermectin and β -cypermethrin with different mechanism have been used to control *Tirathaba rufivena*, but the synergism between these two pesticides was uncertain.【Method】The bioactivity and synergism of avermectin and β -cypermethrin on *T. rufivena* were studied under laboratory conditions using bio-assay methods.【Result】Avermectin and β -cypermethrin showed stomach toxicity on *T. rufivena* with LC₅₀ of 22.24 mg·L⁻¹ and 18.18 mg·L⁻¹. The mixture of avermectin and β -cypermethrin with a mass concentration ratio of 4:5 and 9:5 showed a co-toxicity coefficient (CTC) of 93.78 and 107.78, respectively. The significant synergism effect was shown in the mixture with a mass concentration ratio of 5:1 with the CTC of 259.07. The mixture with a mass concentration ratio of 3:10 showed an antagonistic effect with the CTC of 76.72.【Conclusion】Different effects exist at different proportions between avermectin and β -cypermethrin. The synergism was the strongest at a ratio of 5:1.

Key words: *Tirathaba rufivena*; avermectins; beta cypermethrin; bio-activity; synergism

槟榔 *Areca catechu* Linnaeus 是海南重要的棕榈 椰果实作为一种食品和南药,成为海南农户增收的作物,常被作为绿化、景观树种广泛使用;同时,槟 主栽作物之一。近年来,槟榔种植面积显著增大,

收稿日期(Received): 2017-06-28 接受日期(Accepted): 2017-07-25

基金项目: 海南省自然科学基金项目(317264); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(1630032016015); 海南省重点科技计划项目(ZDXM20120029)

作者简介: 钟宝珠,女,助理研究员,硕士。研究方向: 害虫生物防治。E-mail: baozhuz@163.com

* 通信作者(Author for correspondence), 吕朝军, E-mail: lcj5783@126.com; 高燕, E-mail: beauty-gaoyan@163.com

然而, 槟榔上的害虫红脉穗螟 *Tirathaba rufivena* (Walker)、椰心叶甲 *Brontispa longissima* (Gestro)、矢尖蚧 *Unaspis yanonensis* Kuwana 等发生也日趋严重, 严重影响了海南省槟榔产业的健康发展。

红脉穗螟属鳞翅目螟蛾科, 是槟榔上的重要害虫(樊瑛等, 1991), 主要为害花序。该虫为害花序时常隐匿在花苞中取食雄花和雌花, 其中以雌花受害更重, 导致花絮失去价值无法正常结果, 严重影响槟榔产量(陈德政, 2010; 谭乐和, 2006); 该虫还可害槟榔果实和槟榔心叶。目前, 生产上对红脉穗螟的治理主要采用化学防治, 阿维菌素和高效氯氰菊酯作为市场上常见的药剂被农户广泛使用。不同作用机制的杀虫剂合理混配, 可以充分利用各药剂的作用机制同时攻击害虫的不同靶标, 从而起到提高防治效果的作用。如吡虫啉与氰戊菊酯复配质量比为 2:3 时, 对马铃薯桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer) 的增效作用最显著, 共毒系数达 276.82(常静等, 2016); 印楝素和啉虫脒以质量分数 2:5 混配, 对椰心叶甲的共毒系数为 492.23(吕朝军等, 2011); 烟碱和氯氟氰菊酯以质量浓度比 3:1 混配, 对螺旋粉虱 *Aleurodicus disperses* Russell 的共毒系数达 212(吕朝军等, 2010)。本实验研究阿维菌素和高效氯氰菊酯 2 种不同作用机制的杀虫剂对红脉穗螟的生物活性, 以及 2 种药剂的混配增效作用, 以期生产上红脉穗螟的防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

红脉穗螟 4 龄幼虫由中国热带农业科学院椰子研究所植物保护课题组提供, 挑选大小一致、健康活泼的幼虫供试。试虫饲料为实验当天从田间采回的新鲜的从未接触过任何药剂的槟榔叶片。

1.2 供试药剂

为保证实验的准确性, 避免试剂中填料及乳化剂对实验效果的影响, 本次选取原药进行生物活性研究。8%阿维菌素母药和 27%高氯苯油母药均由海南中农高科股份有限公司提供。先将母药用丙酮稀释成高浓度母液储存于 -4℃ 下备用。其中, 阿维菌素母液质量分数为 0.5%, 高效氯氰菊酯母液质量分数为 3%。

1.3 方法

1.3.1 生物活性测定 采用浸叶法(张静和冯岗,

2010)进行测定。根据预备实验的结果, 以丙酮为溶剂配制成 5 个不同浓度待用。将槟榔叶片剪至 10 cm 长, 浸入药液中 10 s, 取出后自然风干。用毛笔挑取红脉穗螟 4 龄幼虫 30 头放在经药剂处理的槟榔叶片上, 并放入保湿的饲养盒里, 置于 26℃、RH 80%、L/D = 12 h/12 h 的恒温培养箱内饲养, 48 h 后检查试虫死亡率。检查时用毛笔尖轻触虫体, 腹足不动者视为死亡。每个处理重复 3 次。

1.3.2 混配最佳比例的筛选 按比例混合法(慕立义, 1994)进行筛选。先测定出 2 种单剂(A 和 B)的 LC_{50} 值, 以各自 LC_{50} 值为 100%, 然后五等分(每等分 20%), 分别计算 2 种单剂在各比例中的质量浓度; 再将 2 种单剂分别按 80% LC_{50A} :20% LC_{50B} 、60% LC_{50A} :40% LC_{50B} 、40% LC_{50A} :60% LC_{50B} 、20% LC_{50A} :80% LC_{50B} 混合, 测定各混配组对红脉穗螟 4 龄幼虫的致死率。每个处理重复 3 次, 每个重复设试虫 30 头。计算预期死亡率和毒效比率。

预期死亡率 = A 农药 LC_{50} 实际死亡率 × A 农药所占比例 + B 农药 LC_{50} 实际死亡率 × B 农药所占比例

毒效比率 = 实际死亡率 / 预期死亡率

毒效比率 > 1.25, 表现增效作用; 毒效比率 < 0.75 表现拮抗作用; 毒效比率在 1 左右为相加作用(高志强等, 2008)。

1.3.3 共毒系数的计算 按 Sun-Johnson 法计算各混剂的共毒系数(co-toxicity coefficient, CTC)(高希武, 2000)。若 CTC 接近 100, 表示此混剂表现为联合作用; 若 CTC 显著大于 100, 表示有增效作用; 若 CTC 小于 100, 表示有拮抗作用。

混合药剂实际毒力指数(Actual toxicity index, ATI) = (标准药剂的 LC_{50} / 混合药剂的 LC_{50}) × 100

混合药剂理论毒力指数(Theoretical toxicity index, TTI) = $ATI_A \times A$ 占混合组配中的百分率 + $ATI_B \times B$ 占混合组配中的百分率

$CTC = ATI / TTI \times 100$

2 结果与分析

2.1 阿维菌素与高效氯氰菊酯对红脉穗螟的生物活性

胃毒活性测试结果表明, 阿维菌素和高效氯氰菊酯均对红脉穗螟表现出生物活性, LC_{50} 值分别为 22.24 和 18.18 $mg \cdot L^{-1}$, 毒力回归方程分别为 $y = -3.62 + 6.40x$ 和 $y = -1.56 + 5.21x$, 相关系数分别为 0.96 和 0.99; LC_{50} 的 95% 置信区间分别为 20.99

~23.56 和 17.20~19.21,说明阿维菌素对红脉穗螟的活性显著低于高效氯氰菊酯。

2.2 混剂最佳配比的筛选结果

以 2 种药剂的 LC_{50} 为基础(阿维菌素为 $2224\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 高效氯氰菊酯为 $18.18\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$),以阿维菌素为药剂 A,高效氯氰菊酯为药剂 B,采取交互测定法进行

筛选,实验结果如表 1。供试的 4 个混配比例中, $20\% LC_{50A} : 80\% LC_{50B}$ 、 $40\% LC_{50A} : 60\% LC_{50B}$ 和 $60\% LC_{50A} : 40\% LC_{50B}$ 毒效比率均接近于 1,表现为相加作用;以 $80\% LC_{50A} : 20\% LC_{50B}$ 混合后毒效比率为 1.58,大于 1.25,表现为增效作用。

表 1 阿维菌素与高效氯氰菊酯对红脉穗螟致死率的最佳混配比例筛选结果
Table 1 Screening result of optimum mixture ratio between avermectin and beta cypermethrin based on the mortality to *T. rufivena*

混配比例 Proportion/%	质量浓度 ρ Concentration/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)		质量浓度比($\rho_A:\rho_B$) Ratio of concentration	死亡率 Mortality/%		毒效比率 Ratio of toxicity
	阿维菌素 A Avermectin	高效氯氰菊酯 B Beta cypermethrin		预期值 Expected value	实际值 Actual value	
$80LC_{50A} : 20LC_{50B}$	17.79	3.64	5 : 1	52.62	83.33	1.58
$60LC_{50A} : 40LC_{50B}$	13.34	7.27	9 : 5	51.67	66.67	1.29
$40LC_{50A} : 60LC_{50B}$	8.90	10.91	4 : 5	50.71	54.76	1.08
$20LC_{50A} : 80LC_{50B}$	4.45	14.54	3 : 10	49.76	52.38	1.05

2.3 共毒系数

各配比的 LC_{50} 和毒力回归方程见表 2。阿维菌素和高效氯氰菊酯以质量浓度比($\rho_A:\rho_B$)3 : 10 混合时,对红脉穗螟表现出拮抗作用,共毒系数仅为

76.72;当 $\rho_A:\rho_B$ 为 4 : 5 和 9 : 5 时,共毒系数均接近 100,分别为 93.78 和 107.78,表现为联合作用;而当 $\rho_A:\rho_B=5:1$ 时,共毒系数达 259.07,表现出显著的增效作用。

表 2 阿维菌素与高效氯氰菊酯混配对红脉穗螟 4 龄幼虫的共毒系数
Table 2 Co-toxicity coefficient (CTC) of avermectins mixed with beta cypermethrin against the 4th instar larvae of *T. rufivena*

质量浓度比($\rho_A:\rho_B$) Ratio of concentration	毒力回归方程 LD-P-Line	$LC_{50}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	相关系数 r	实际毒力指数 Actual toxicity index (ATI)	理论毒力指数 Theoretical toxicity index (TTI)	共毒系数 CTC
3 : 10	$y = 1.66 + 2.37x$	25.70	0.99	86.52	112.77	76.72
4 : 5	$y = 1.29 + 2.82x$	20.64	0.99	107.75	114.90	93.78
9 : 5	$y = 1.66 + 2.68x$	17.69	0.99	125.76	116.69	107.78
5 : 1	$y = 3.13 + 2.18x$	7.18	0.99	309.75	119.56	259.07

3 讨论与结论

据报道,阿维菌素可在光照条件或土壤微生物作用下迅速降解成无活性的化合物,最终作为碳源被植物和微生物分解利用,没有任何残留毒性,已经成为一种农用和兽用的高效生物源杀虫剂(徐汉虹等,2005; Bloom & Matheson, 1993)。高效氯氰菊酯作为一种高效的菊酯类杀虫剂在生产上的应用也较为普遍。本研究结果证实这 2 种药剂对红脉穗螟具有一定的生物活性。

阿维菌素和高效氯氰菊酯属于不同类型的杀虫剂,对害虫的作用靶标不同。其中,阿维菌素的作用机制为进入靶标生物体后,表现为对 γ -氨基丁酸(γ -amino butyric acid, GABA)的激动作用,使神经末梢大量释放 GABA,并能促进 GABA 与次级神经元细胞膜或效应器细胞膜的结合,产生长时

间、高强度的抑制效应,使寄生虫麻痹死亡,达到杀虫效果(游锡火,2000)。在较低浓度时,阿维菌素能发生立体选择性的反应,调节谷氨酸门控 Cl^- 通道,带负电荷的氯离子大量流入细胞内,使膜电位保持在超极化状态,膜难以去极化,细胞不能兴奋,致使神经传导受阻,最终引起虫体麻痹死亡(Shoop *et al.*, 1995)。高效氯氰菊酯主要通过破坏轴突离子通道来影响神经功能。有关这 2 种药剂和其他药剂混配的增效作用已有较多报道。如阿维菌素与毒死蜱的质量浓度比为 1 : 2.22 时,48、72 h 后对小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 的共毒系数高达 983 和 998,表现为增效作用(魏书军等,2012);阿维菌素和高效氯氰菊酯以质量浓度 0.1008 和 $2.4000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 混合时,对小菜蛾的共毒系数为 188(吴仁锋和刘术朝,2004);阿维菌素和高效氯氰菊酯以质量

比 1 : 5 混配时对玉米螟 *Ostrinia nubilalis* Hübner 的共毒系数为 210.68 (陈炳旭等, 2010); 印楝素和高效氯氰菊酯对菜青虫 *Pieris rapae* (L.) 的混配效果表明, 当印楝素和高效氯氰菊酯以质量浓度 8.64 和 11.50 mg · L⁻¹ 混配时表现为增效作用, 共毒系数为 147 (高志强等, 2008)。

本研究中, 供试的 4 个混配组中, 阿维菌素和高效氯氰菊酯质量浓度比为 4 : 5 和 9 : 5 时均对红脉穗螟表现出联合作用; 以 5 : 1 混配后表现出显著的增效作用, 共毒系数高达 259.07; 而以 3 : 10 混配后则表现出拮抗作用, 共毒系数仅有 76.72。这种不同配比产生不同作用的现象, 可能是由药剂性质的不同, 或不同药剂在不同浓度下对红脉穗螟产生毒力的时间差异所致, 具体原因还需要进一步的研究。在生产上选用这 2 种药剂混合防治红脉穗螟时, 不可盲目选择配比, 如果配比不当不仅不会达到增效作用, 还会影响药效的发挥。

参考文献

- 常静, 张薇, 李海平, 周晓榕, 2016. 吡虫啉与三种拟除虫菊酯杀虫剂对马铃薯桃蚜的联合毒力. 植物保护, 42 (6): 225-228.
- 陈炳旭, 董易之, 陆恒, 郑锦荣, 汤力, 郑常格, 2010. 阿维菌素与高效氯氰菊酯对玉米螟的联合毒力. 广东农业科学, 37 (10): 101-102, 112.
- 陈德政, 2010. 海南省槟榔产业发展现状与对策. 中国热带农业 (2): 30-31.
- 樊瑛, 甘炳春, 陈思亮, 杜成刚, 杨春清, 1991. 槟榔红脉穗螟的生物学特性及其防治. 昆虫知识, 28 (3): 146-148.
- 高希武, 2000. 农药混用手册. 北京: 中国农业出版社: 66-68.
- 高志强, 宋仲容, 何家洪, 王林, 2008. 印楝素与高效氯氰菊酯混剂对菜青虫毒力最佳配比的筛选. 安徽农业科学, 36 (1): 117-118.
- 吕朝军, 钟宝珠, 孙晓东, 覃伟权, 符悦冠, 马子龙, 2011. 印楝素与啮虫脒对椰心叶甲生物活性及混配增效作用. 江西农业学报, 23 (2): 99-101.
- 吕朝军, 钟宝珠, 孙晓东, 覃伟权, 韩超文, 符悦冠, 马子龙, 2010. 烟碱、氯氟氰菊酯对螺旋粉虱的混配增效作用. 农药, 49 (2): 142-143, 149.
- 慕立义, 1994. 植物化学保护研究方法. 北京: 中国农业出版社.
- 谭乐和, 2006. 海南槟榔生产的现状、问题及对策. 海南大学学报 (自然科学版), 24 (1): 55-59.
- 魏书军, 聂秀东, 石宝才, 顾耕, 康总江, 王泽华, 宫亚军, 2012. 阿维菌素与毒死蜱对小菜蛾联合毒力的生物测定. 农药, 51 (3): 231-233.
- 吴仁锋, 刘术朝, 2004. 阿维菌素与高效氯氰菊酯对小菜蛾毒力最佳配比的筛选. 湖北农业科学 (1): 54-56.
- 徐汉虹, 梁明龙, 胡林, 2005. 阿维菌素类药物的研究进展. 华南农业大学学报, 26 (1): 1-6.
- 游锡火, 2000. 阿维菌素类药物的药理作用及毒理作用. 吉林农业 (5): 35.
- 张静, 冯岗, 2010. 软枝黄蝉提取物对椰心叶甲的杀虫活性. 热带作物学报, 31 (7): 1152-1156.
- BLOOM R A, MATHESON J C, 1993. Environmental assessment of avermectins by the US food and drug administration. *Veterinary Parasitology*, 48 (1/2/3/4): 281-294.
- SHOOP W L, MROZIK H, FISHER M H, 1995. Structure and activity of avermectins and milbemycins in animal health. *Veterinary Parasitology*, 59 (2): 139-156.

(责任编辑: 杨郁霞)