

几种人体代谢化合物在陷阱诱捕法控制 白纹伊蚊中的应用研究*

吴 华** 戴建青*** 陈大嵩 黄 鸿*** 郑基焕

(广东省科学院动物研究所, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广州 510260)

摘 要 【目的】在野外评价乙酸、丙酸、辛酸、L-乳酸、1-辛烯-3-醇、乙酸乙酯、氨水和尿素 8 种人体代谢化合物对白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 雌蚊产卵引诱和成虫诱杀效果。【方法】分别采用陷阱诱捕法诱杀和诱蚊、诱卵器监测效果的方法。【结果】供试的 8 种化合物中, 白纹伊蚊在 1、10、100、1 000 $\mu\text{L/L}$ 的乙酸、辛酸水溶液及浓度为 1、10、100、1 000、10 000 $\mu\text{L/L}$ 的丙酸水溶液中的平均累计产卵量均显著高于对照, 其中 100 $\mu\text{L/L}$ 的乙酸、辛酸和丙酸水溶液中的平均累计产卵量均最多, 显著高于对照。而各浓度的 L-乳酸、1-辛烯-3-醇、乙酸乙酯、氨水和尿素水溶液中的平均累计产卵量与对照相比则差异不显著。相同浓度 (100 $\mu\text{L/L}$) 的组合物 (乙酸: 丙酸: 辛酸=1: 1: 1) 对白纹伊蚊的平均累计诱蚊量和平均累计产卵量均显著多于单组分乙酸、丙酸、辛酸和对照; 说明乙酸、丙酸和辛酸组合物间具有协同增效作用。经过 1 年放置诱蚊陷阱对白纹伊蚊进行诱捕试验表明, 处理组在 1 年中蚊虫活动最活跃的月份, 其诱蚊密度指数和诱卵密度指数均显著降低; 而对照组的诱蚊、诱卵指数差异不显著。处理前诱蚊、诱卵指数较低的地方, 处理后其诱蚊、诱卵指数在 5、6、10 月份更显示出极显著的效果。【结论】连续利用陷阱诱捕法可显著降低试验区的诱蚊密度指数和诱卵密度指数, 尤其在诱蚊、诱卵指数低的地区。这一蚊虫控制方法为白纹伊蚊持续有效控制提供技术支撑, 值得推广应用。

关键词 人体代谢化合物; 蚊子防控; 陷阱诱捕法; 白纹伊蚊; 增效

Effectiveness of using of human metabolic compounds to trap *Aedes albopictus*

WU Hua** DAI Jian-Qing*** CHEN Da-Song HUANG Hong*** ZHENG Ji-Huan

(Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Institute of Zoology, Guangdong Academy of Science, Guangzhou 510260, China)

Abstract [Objectives] To evaluate the effects of eight human metabolic compounds on the oviposition of female *Aedes albopictus* mosquitoes, and their effectiveness as lures for trapping this species in the field. [Methods] The mosquito traps and mosquito-ovitraps were used to determine the relative attractiveness of the metabolic compounds tested and mosquito density, respectively. [Results] Among the eight compounds tested, acetic acid, propionic acid, and octanoic acid were all significantly more attractive than the control. The mean accumulated egg number laid by *Ae. albopictus* in ovitraps baited with acetic acid (1, 10, 100, 1 000 $\mu\text{L/L}$), propionic acid (1, 10, 100, 1 000, 10 000 $\mu\text{L/L}$), and octoic acid (1, 10, 100, 1 000 $\mu\text{L/L}$), solutions were more than laid in ovitraps baited with the distilled water control. Among these treatments, ovitraps containing 100 $\mu\text{L/L}$ acetic acid, propionic acid, and octanoic acid water solutions had significantly higher egg numbers than those with distilled water. However, the mean accumulated egg number of traps baited with different concentrations of L-lactic acid, 1-octene-3 alcohol, ethyl acetate, ammonia, and a urea water solution, were not significantly different to that of the distilled

*资助项目 Supported projects: 广州市科技计划项目 (201804010020; 201707010471; 201607010084); 广东省科学院科技发展专项 (2018GDASCX-0107; 2019GDASYL-0302007)

**第一作者 First author, E-mail: wu7478@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: jqdai@giabr.gd.cn; gdpml@giabr.gd.cn

收稿日期 Received: 2019-06-08; 接受日期 Accepted: 2019-12-26

water control. The accumulated number of eggs laid, and the number of *Ae.albopictus* females attracted by a 1 : 1 : 1 ratio of acetic acid : propionic acid : octanoic acid at the same concentration (100 $\mu\text{L/L}$) were significantly higher than those attracted to either acetic acid, propionic acid, octanoic acid, or distilled water alone. This demonstrates that acetic acid, propionic acid, and octanoic acid have a synergistic effect. Analysis of a year of trapping data indicate that the mosquito density index and number of eggs deposited in ovitraps decreased significantly in the most active month of the year during which there was no significant difference in the number of mosquitoes trapped and the oviposition index between the treatment and control groups. However, the mosquito oviposition index significantly declined in May, June and October, particularly at sites where it had been low before trapping began. **[Conclusion]** Continuous trapping can significantly reduce the mosquito density and egg density indices, and these effects are more pronounced in areas with a low trapping indices. This method of mosquito control provides effective continuous control of *Ae. albopictus* and should be more widely used.

Key words human metabolic compounds; mosquito control; trap trapping; *Aedes albopictus*; synergism

人工孳生地陷阱法是一种新型生物防制方法。人工孳生地陷阱法是根据白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 吸血后寻找的小型水体并在上面产卵的特性,在野外环境中布放人工孳生地陷阱。在布放之前将存在于附近的蚊虫孳生地彻底清除,选择隐蔽、阴凉、蚊虫活动较多的角落放置人工孳生地陷阱。人工孳生地陷阱中放入过夜脱氯自来水,同时向水中加入苏云金芽孢杆菌以色列亚种 (Bti) 缓释剂或者昆虫生长调节剂吡丙醚 (PPF)。当蚊虫停落于孳生地陷阱中产卵的时候,水中的 Bti 或 PPF 沾染到蚊虫身体上,由于白纹伊蚊具有跳跃产卵的特性,伊蚊身上的 Bti 或 PPF 会随着伊蚊进入下一个产卵地点,将 Bti 或 PPF 输送到更隐蔽的目标产卵栖息地 (Kshitij *et al.*, 2016; 李晨颖和陈晓光, 2018)。因此,这种能够主动携带生物杀虫剂的方法能有效治理隐蔽的孳生地。由于水中含有 Bti 或 PPF,雌蚊在水中产卵之后,对幼虫具有很好的杀灭作用。人工孳生地陷阱法可以放置于公园、学校、机关事业单位、小区等开阔区域,操作简单,受环境影响因素小,能够大幅度减少蚊虫密度,消除隐蔽的蚊虫孳生地(徐仁权等, 2010; Ali *et al.*, 2014; 李晨颖和陈晓光, 2018)。

蚊虫的许多行为主要受宿主动物气味物质的影响,如吸血、产卵和宿主搜寻等 (Gibson and Torr, 1999; Takken and Knols, 1999)。虽然清水能吸引产卵于水中的昆虫,如果向水中加入目标昆虫产卵引诱剂,会增加孳生地陷阱诱虫效果,提高陷阱的诱卵效率,达到更好地控制蚊虫

密度的目的 (张令要和雷朝亮, 2012)。因此,寻找能够在野外环境引诱白纹伊蚊的引诱剂,是提高诱蚊诱卵效率,控制蚊虫密度的关键。为了开发高效的人工孳生地陷阱法防蚊技术,在参考前人研究工作基础上,本文研究 8 种人体代谢化合物 (乙酸、丙酸、辛酸、L-乳酸、1-辛烯-3-醇、乙酸乙酯、氨水、尿素) 在野外对白纹伊蚊雌蚊产卵引诱作用和成虫诱集效果,筛选出对成蚊具有诱集和诱卵效果的化合物,为陷阱诱捕法应用于生产实践提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试试剂

乙酸,分析纯,广州市番禺力强化工厂;辛酸, L-乳酸,分析纯,天津光复精细化工研究所;乙酸乙酯,氨水,分析纯,广州化学试剂厂; 1-辛烯-3-醇, 98%, 上海麦克林生化科技有限公司;丙酸, 99.5%, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 尿素, 99%, 徐州淞誉化工科技有限公司; 5%联苯菊酯悬浮剂, 江苏功成生物科技有限公司。

诱蚊诱卵器购自广州市东南消毒杀虫有限公司;陷阱: 8 L 方形黑色塑料桶 (高 26 cm, 上长: 24 cm, 上宽: 16 cm, 下长: 20 cm, 下宽: 13.5 cm。) 购自市场。

1.2 实验场所

试验场所: 以广东省科学院动物研究所大院作为试验场所。大院内路旁树木以红花羊蹄甲、

木棉树、芒果树、白玉兰、莲雾树,大叶榕树为主,建筑物周围的绿化带则主要种植花叶合果芋和翠芦莉,围墙外有鱼塘。

防治场所:天胜村招待所,该招待所是中式花园,亭台楼阁,小桥流水。所内庭院树木以红花羊蹄甲、美丽异木棉、水葡萄树、澳洲鸭脚木为主,假山旁有连片小竹林和芭蕉,绿化带种植有假芋和水鬼蕉。山顶招待所,环境和天胜村招待所大同小异。

1.3 化合物对白纹伊蚊行为选择的影响

处理组:在 8 L 方形黑色塑料桶诱捕陷阱里加入 3 L 的放置过夜脱氯自来水,形成小积水。再加入 5%联苯菊酯悬浮剂 1 g,搅拌均匀。最后加入供试试剂。各试剂与脱氯自来水混合稀释为 1、10、100、1 000、10 000 $\mu\text{L/L}$ 的溶液,备用;对照组:在 8 L 方形黑色塑料桶诱捕陷阱里加入 3 L 的过夜脱氯自来水,形成小积水。再加入 5%联苯菊酯悬浮剂 1 g,搅拌均匀。不加入其它试剂。

按照完全随机化区组设计,在选定的广东省科学院动物研究所大院试验现场,将准备好的诱捕陷阱布放在阴凉隐蔽的场所,如树荫、花草、灌木、竹林下或屋檐下的地面上。共分为 5 个区组,每个区组内诱捕陷阱的间距大约为 20 m,各区组之间的间距不小于 100 m。每天调查白纹伊蚊诱捕数量。用 10 倍放大镜检查陷阱捕获蚊虫及产卵情况,记录捕获的蚊虫种类、蚊虫数和产卵数,捞去死蚊、红色泡沫片和树叶等杂物,重新放置红色泡沫片,再将其放回原来位置。每调查 6 次诱捕陷阱的位置重新随机变化 1 次。

每个阶段的试验结束后,将不同日期同一配方的 5 个诱捕陷阱分别对其诱捕量进行加和,计算累计诱捕量;再除以该配方重复次数($N=5$),计算平均累计诱捕量。

1.4 野外环境下对白纹伊蚊的防治效果

依据 1.3 试验结果,选择对白纹伊蚊具显著引诱作用的乙酸、丙酸、辛酸的最佳浓度水溶液进行混配后加入到诱蚊陷阱里。试验过程连续 2 年,采集防治前和防治后诱蚊密度指数和诱卵密度指数。第一年选蚊虫活动活跃的 5 月、6 月、

7 月、9 月、10 月共 5 个月份,测定其防治前的诱蚊密度指数和诱卵密度指数,然后从 11 月份开始在山顶招待所和天胜村招待所常年放置诱蚊陷阱,每隔 20 d 往陷阱里添加一次药剂和水,确保陷阱维持积水状态。测定其第 2 年 5 月、6 月、7 月、9 月、10 月共 5 个月份防治后的诱蚊密度指数和诱卵密度指数,以广东省科学院动物研究所大院作为对照参考,对照区不放置诱蚊陷阱。计算在野外环境下对白纹伊蚊防治效果。

试验期间,采用诱蚊、诱卵器现场监测的方法,在选定的试验现场,将准备好的诱蚊、诱卵器布放在阴凉隐蔽的场所,如树荫、花草、灌木、竹林下或屋檐下的地面上。两个诱蚊、诱卵器相距约 20 m。在布放诱蚊、诱卵器 4 d 后,第 4 天收集成蚊及蚊卵。于每月上、中、下旬收集成蚊及蚊卵,并采用 10 倍放大镜检查、统计蚊虫种类、蚊虫蚊卵阳性率,以测定当月的诱蚊、诱卵密度指数。计算公式如下(林立丰等,2006;周毅彬等,2008):

$$\text{诱蚊指数} = \frac{\text{蚊虫阳性的诱蚊器数}}{\text{回收的诱蚊器总数}} \times 100\%,$$

$$\text{诱卵指数} = \frac{\text{蚊卵阳性的诱卵器数}}{\text{回收的诱卵器总数}} \times 100\%,$$

$$\text{诱蚊密度指数} = \frac{\text{捕获的蚊虫总数}}{\text{蚊虫阳性的诱蚊器数}} \times 100\%,$$

$$\text{诱卵密度指数} = \frac{\text{捕获的蚊卵指数}}{\text{蚊卵阳性的诱卵器数}} \times 100\%。$$

1.5 统计分析

试验 1.3 的诱蚊、诱卵数直接按平均累计诱捕量统计,采用 DPS 数据处理系统对数据进行统计分析,并用 Duncan's 新复极差法进行多重比较(邓天福等,2009)。

试验 1.4 的监测数据,利用 SPSS 11.0 软件进行统计分析,对照与处理之间的差异显著性采用 t -test 方法。

2 结果与分析

2.1 白纹伊蚊对不同化合物的产卵选择

在供试的 8 种化合物中,白纹伊蚊在 1、10、

100、1 000 $\mu\text{L/L}$ 的乙酸、1、10、100、1 000 $\mu\text{L/L}$ 的辛酸水溶液中的平均累计产卵量均显著高于对照 ($P < 0.05$), 其中 100 $\mu\text{L/L}$ 的乙酸和 100 $\mu\text{L/L}$ 的辛酸水溶液中的平均累计产卵量最多, 显著高于对照 ($P < 0.05$)。各浓度 (1、10、100、1 000、10 000 $\mu\text{L/L}$) 的丙酸水溶液中平均累计产卵量均显著高于对照 ($P < 0.05$), 其中 100 $\mu\text{L/L}$ 的丙酸水溶液中的平均累计产卵量最多, 显著于对照 ($P < 0.05$)。而各浓度的 L-乳酸、1-辛烯-3-醇、乙酸乙酯、氨水和尿素水溶液中的平均累计产卵量与对照相比则差异不显著 ($P > 0.05$) (表 1)。

2.2 不同化合物对白纹伊蚊的引诱作用

在供试的 8 种化合物中, 白纹伊蚊在 100 $\mu\text{L/L}$ 和 1 000 $\mu\text{L/L}$ 的乙酸、1、10、100 $\mu\text{L/L}$ 的辛酸水溶液中的平均累计诱蚊量均显著多于对照 ($P < 0.05$); 在 1、10、100、1 000、10 000 $\mu\text{L/L}$ 的丙酸水溶液中的平均累计诱蚊量均显著多于对照 ($P < 0.05$), 其中 100 $\mu\text{L/L}$ 的丙酸水溶液中的平均累计诱蚊量最多, 显著于对照 ($P < 0.05$)。而各浓度的 L-乳酸、1-辛烯-3-醇、乙酸乙酯、氨水和尿素水溶液中的平均累计诱蚊量与对照相比则差异不显著 ($P > 0.05$) (表 2)。

表 1 白纹伊蚊对不同浓度化合物水溶液的平均累计产卵量

Table 1 The accumulated eggs laid by *Aedes albopictus* females in water solution with different concentrations of compounds

化合物 Compounds	不同浓度 ($\mu\text{L/L}$) Different concentrations					对照 (清水) CK (distilled water)
	1	10	100	1 000	10 000	
乙酸 Acetic acid	27.60 $\pm$ 9.24b	35.20 $\pm$ 12.36b	44.60 $\pm$ 16.77a	30.00 $\pm$ 7.81b	22.40 $\pm$ 13.69c	18.00 $\pm$ 8.60c
丙酸 Propionic acid	34.40 $\pm$ 10.21b	42.80 $\pm$ 15.99b	52.20 $\pm$ 19.69a	38.40 $\pm$ 14.77b	27.20 $\pm$ 17.96c	17.00 $\pm$ 9.77d
辛酸 Octanoic acid	44.40 $\pm$ 19.19b	42.80 $\pm$ 19.15b	63.60 $\pm$ 19.09a	36.00 $\pm$ 16.14b	20.80 $\pm$ 14.94c	17.60 $\pm$ 8.96c
L-乳酸 L-lactic acid	8.40 $\pm$ 1.52a	14.00 $\pm$ 9.27a	19.60 $\pm$ 7.40a	14.60 $\pm$ 1.52a	9.80 $\pm$ 3.49a	10.80 $\pm$ 2.28a
1-辛烯-3-醇 1-octene-3 alcohol	10.60 $\pm$ 4.77a	17.80 $\pm$ 7.16a	23.60 $\pm$ 10.11a	25.20 $\pm$ 8.07a	28.00 $\pm$ 18.17a	11.40 $\pm$ 2.79a
乙酸乙酯 Ethyl acetate	25.80 $\pm$ 9.23a	21.80 $\pm$ 9.09a	17.60 $\pm$ 7.64a	13.00 $\pm$ 5.29a	12.40 $\pm$ 5.03a	16.40 $\pm$ 6.11a
氨水 Ammonia	28.40 $\pm$ 12.18a	22.80 $\pm$ 9.86a	15.40 $\pm$ 7.73a	13.40 $\pm$ 3.78a	13.20 $\pm$ 3.56a	18.60 $\pm$ 8.59a
尿素 Urea	27.40 $\pm$ 8.53a	22.40 $\pm$ 8.93a	15.80 $\pm$ 8.20a	12.40 $\pm$ 5.13a	11.80 $\pm$ 3.27a	17.20 $\pm$ 8.29a

表中数据为平均数量 $\pm$ 标准差 ($n=5$); 同行数据后标有不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著 (Duncan's 多重检验法)。表 2, 表 3 同。

Values are the mean $\pm$ SD ($n=5$); Data followed by different lowercase letters within same row indicate significant different at 0.05 level (Duncan's multiple range test). The same as table 2 and table 3.

表 2 不同浓度化合物水溶液对白纹伊蚊的平均累计诱蚊量

Table 2 The accumulated catches of *Aedes albopictus* females in water solution with different concentrations of compounds

化合物 Compounds	不同浓度 ($\mu\text{L/L}$) Different concentrations					对照 (清水) CK (distilled water)
	1	10	100	1 000	10 000	
乙酸 Acetic acid	7.40 $\pm$ 2.07b	7.60 $\pm$ 1.95b	17.80 $\pm$ 8.04a	16.20 $\pm$ 7.19a	10.40 $\pm$ 3.51b	6.00 $\pm$ 1.58b
丙酸 Propionic acid	5.40 $\pm$ 1.67b	7.20 $\pm$ 1.92b	9.80 $\pm$ 2.95a	6.20 $\pm$ 1.64b	6.00 $\pm$ 2.00b	3.60 $\pm$ 1.14c
辛酸 Octanoic acid	11.80 $\pm$ 1.30a	16.60 $\pm$ 5.64a	21.60 $\pm$ 4.39a	6.60 $\pm$ 3.29b	4.40 $\pm$ 1.52b	6.80 $\pm$ 2.17b
L-乳酸 L-lactic acid	4.80 $\pm$ 1.30a	9.20 $\pm$ 1.64a	7.60 $\pm$ 2.88a	6.80 $\pm$ 2.77a	5.20 $\pm$ 1.64a	6.80 $\pm$ 2.59a
1-辛烯-3-醇 1-octene-3 alcohol	5.40 $\pm$ 1.14a	7.80 $\pm$ 3.56a	12.20 $\pm$ 1.30a	14.40 $\pm$ 3.78a	13.60 $\pm$ 5.86a	9.80 $\pm$ 3.90a
乙酸乙酯 Ethyl acetate	10.20 $\pm$ 5.17a	9.00 $\pm$ 3.74a	8.00 $\pm$ 3.32a	8.00 $\pm$ 2.65a	6.40 $\pm$ 2.61a	10.20 $\pm$ 3.83a
氨水 Ammonia	10.60 $\pm$ 6.07a	9.60 $\pm$ 3.85a	8.00 $\pm$ 4.30a	7.80 $\pm$ 3.27a	7.60 $\pm$ 3.21a	9.60 $\pm$ 1.19a
尿素 Urea	6.60 $\pm$ 3.05a	7.20 $\pm$ 2.59a	5.20 $\pm$ 2.39a	5.40 $\pm$ 2.07a	4.80 $\pm$ 2.17a	6.80 $\pm$ 1.14a

2.3 不同化合物组合物对白纹伊蚊诱蚊、诱卵效果比较

综合考察化合物对白纹伊蚊诱卵（表 1）和诱蚊（表 2）的效果，选出了 100 $\mu\text{L/L}$ 乙酸、100 $\mu\text{L/L}$ 丙酸和 100 $\mu\text{L/L}$ 辛酸为最佳浓度，再按 1 : 1 : 1 混合，各化合物对白纹伊蚊的诱蚊、诱卵效果见表 3。100 $\mu\text{L/L}$ 的单组分乙酸、丙酸

和辛酸对白纹伊蚊的平均累计诱蚊量和平均累计产卵量均显著多于对照（ $P < 0.05$ ），而相同浓度（100 $\mu\text{L/L}$ ）的组合物（乙酸：丙酸：辛酸=1 : 1 : 1）对白纹伊蚊的平均累计诱蚊量和平均累计产卵量均显著多于单组分乙酸、丙酸、辛酸和对照（ $P < 0.05$ ）。说明组合物与单组分乙酸、丙酸和辛酸具有协同增效作用。

表 3 不同化合物对白纹伊蚊诱蚊、诱卵的效果比较

Table 3 The accumulated eggs laid by *Aedes albopictus* females and accumulated catches of *Aedes albopictus* females in water solutions with different concentrations of compounds

化合物 Compounds	平均累计诱蚊量 Accumulated catches of <i>A. albopictus</i> females	平均累计产卵量 Accumulated eggs laid by <i>A. albopictus</i> females
100 $\mu\text{L/L}$ 乙酸 100 $\mu\text{L/L}$ Acetic acid	13.60 $\pm$ 4.72b	56.20 $\pm$ 24.04b
100 $\mu\text{L/L}$ 丙酸 100 $\mu\text{L/L}$ Propionic acid	14.60 $\pm$ 3.65b	67.20 $\pm$ 22.75b
100 $\mu\text{L/L}$ 辛酸 100 $\mu\text{L/L}$ Octanoic acid	20.40 $\pm$ 9.45b	84.40 $\pm$ 29.38b
100 $\mu\text{L/L}$ (乙酸：丙酸：辛酸=1 : 1 : 1) 100 $\mu\text{L/L}$ (Acetic acid : Propionic acid : Octanoic acid=1 : 1 : 1)	32.00 $\pm$ 11.29a	118.00 $\pm$ 37.23a
对照（清水）CK (distilled water)	7.80 $\pm$ 2.59c	26.80 $\pm$ 12.58c

2.4 不同地点利用陷阱诱捕法防治白纹伊蚊效果的比较

通过试验 2.3 筛选出来的最佳浓度（100 $\mu\text{L/L}$ ）的组合物（乙酸：丙酸：辛酸=1 : 1 : 1），利用陷阱诱捕装置对白纹伊蚊进行野外防治，结果见表 4。从表 4 可以看出，在一年中蚊虫活动最活跃的月份，处理区山顶招待所和天胜村招待所的诱蚊密度指数和诱卵密度指数均显著降低（ $P < 0.05$ ），而没有常年布放诱蚊陷阱的对照区，其诱蚊、诱卵指数差异不显著（ $P > 0.05$ ）。诱蚊、诱卵指数较低的山顶招待所，经过 1 年的布放防治，其诱蚊、诱卵指数在 5、6、10 月份更显示出极显著的效果（ $P < 0.01$ ）。说明利用陷阱诱捕法结合其他防治措施，是可以对白纹伊蚊进行有效控制的，而且在诱蚊、诱卵指数低的地方，效果更显著。

3 结论与讨论

本研究利用陷阱诱捕法在野外测定了 8 种人体代谢化合物对白纹伊蚊的诱蚊活性和诱卵

活性。结果表明：不同供试化合物对白纹伊蚊的诱蚊活性和诱卵活性存在差异。乙酸、丙酸和辛酸对白纹伊蚊在野外环境下具有显著的诱蚊诱卵活性。这与邓天福等（2009）室内试验和余静等（2013）触角电生理测定的结果相同。在野外环境中，本研究发现化合物浓度达到 100 $\mu\text{L/L}$ 时诱集效果才最佳，这比报道的室内试验和触角电生理测定的有效浓度都要高。这可能是因为野外环境下，蚊虫离化合物源较远，如果诱集溶液中散发出的化合物浓度低于其侦测阈值，蚊虫就难以侦测到，说明在野外条件下要达到室内类似的引诱效果，需要试验化合物在溶液中具有更高的浓度。王泽槐等（2010）及刘桂清等（2010）对桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 引诱化合物的研究发现，同种化合物在野外要达到与室内试验相近的引诱效果，其浓度往往要高十倍或百倍。

L-乳酸和氨是人体汗液的主要成分，它们对埃及伊蚊 *Aedes aegypti*、白纹伊蚊和冈比亚按蚊 *Anopheles gambiae* 等多种蚊虫具引诱活性（Bernier *et al.*, 2000; Braks *et al.*, 2001），忻伟隆等（2015）

表 4 不同地点利用陷阱诱捕法防治白纹伊蚊效果的比较

地点 Sites	Table 4 Comparison of the efficacy of trap trapping in different sites for the control of <i>Aedes albopictus</i>									
	处理前一年诱蚊、诱卵密度指数					处理后一年诱蚊、诱卵密度指数				
	Mosquito-trap density index one year before treatment					Mosquito-trap density index one year after treatment				
	5 月 May	6 月 June	7 月 July	9 月 September	10 月 October	5 月 May	6 月 June	7 月 July	9 月 September	10 月 October
山顶招待所 Peak hostel	蚊 Adult 3.21±0.62	3.57±0.61	3.91±0.99	3.97±0.78	3.89±0.38	0.25±0.11**	0.40±0.11**	0.70±0.39*	0.54±0.16*	0.48±0.15**
	卵 Egg 52.70±9.32	51.98±8.96	55.93±21.33	54.54±19.98	61.33±11.35	6.12±2.36**	4.93±1.30**	10.43±5.79*	8.50±2.59*	7.84±2.48**
天胜村招待所 Tiansheng village hostel	蚊 Adult 5.16±1.31	5.67±1.68	6.03±1.31	5.51±1.33	5.20±1.45	1.06±0.44*	1.06±0.33*	1.19±0.27*	1.11±0.15*	1.09±0.21*
	卵 Egg 90.26±23.01	85.42±15.38	101.23±21.91	92.02±22.20	95.43±16.73	19.62±8.09*	13.02±4.10*	16.71±3.78*	14.53±1.91*	17.04±3.31*
广东省科学院 动物研究所大院	蚊 Adult 3.48±0.46	3.87±0.69	4.17±1.23	4.37±1.04	4.10±0.48	2.78±1.12	3.15±1.20	3.63±1.48	4.01±1.01	3.27±1.06
动物研究所大院 Institute of Zoology, Guangdong Academy of Science	卵 Egg 57.21±14.36	54.37±17.81	60.65±19.26	70.17±16.70	65.18±20.06	51.86±7.86	57.20±16.37	54.18±13.81	64.15±16.24	60.74±19.70

表中数据为平均数量±标准差 (n=3); *表示对照与处理之间存在显著差异 (P<0.05); **表示对照与处理之间存在极显著差异 (P<0.01, t-检验)。
Values are the mean ± SD (n=3); * and ** indicate significant difference between treatment and the control at the level 0.05 and 0.01 by t- test, respectively.

也报道它们对白纹伊蚊可以引起触角电位变化。但这 2 种物质在野外环境下是否具引诱活性至今未见报道。本研究结果表明, L-乳酸和氨水在各试验浓度下对白纹伊蚊均无明显的引诱活性, 这一结果与邓天福等 (2009) 报道一致。1-辛烯-3-醇不仅是蘑菇挥发性香气成分, 能引诱西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (温娟等, 2015), 还是牛呼气成分之一, 在野外它能引诱多种嗜动物血的蚊虫 (Takken and Kline, 1989), 尿素是人体的尿液主要成分之一。本研究结果显示, 这 2 种物质在野外环境下对白纹伊蚊均无明显的引诱活性, 但对致倦库蚊 *Culex pipiens quinquefasciatus* 具有显著的引诱效果 (吴华等, 2019)。

邓天福等 (2009) 报道乙酸乙酯溶液及 0.01-1 mg/L 的 1-辛烯-3-醇溶液对白纹伊蚊表现出显著的产卵引诱作用, 但是在野外环境下, 本研究将乙酸乙酯和 1-辛烯-3-醇加到水中, 发现其对白纹伊蚊的诱捕效果并不理想。这可能与乙酸乙酯、1-辛烯-3-醇不溶于水, 导致其很快从水面上蒸发有关。文献报道乙酸乙酯、1-辛烯-3-醇对白纹伊蚊有显著效果的恰恰是用了乙醇溶解, 然后再加到水中, 乙醇就起到了乳化作用 (邓天福等, 2009; 忻伟隆等, 2015)。因此, 建议在乙酸乙酯、1-辛烯-3-醇里添加乳化剂, 使其溶于水, 以达到最佳的引诱效果。

本研究发现利用陷阱诱捕法防治白纹伊蚊, 在诱蚊、诱卵指数较低的山顶招待所的防治效果较好。与戴建青等 (2010) 报道的利用小菜蛾 *Plutella xylostella* L. 性信息素对小菜蛾种群进行控制的结果相似, 小菜蛾种群密度较低的情况下, 控制效应较高, 可达 70% 左右。说明在虫口密度低的地方, 利用诱捕法防治害虫效果更为理想。

林立丰 (2006) 报道在广州地区连续 2 年布放诱蚊、诱卵器 4 d 和 7 d 共诱集白纹伊蚊 284 头和 485 头, 另外诱集到 2 头致倦库蚊, 白纹伊蚊分别占 99.3% 和 99.6%。本研究试验期间无论在试验场所捕获到的蚊虫还是在防治场所监测到的蚊虫种类均为白纹伊蚊。实验区域野外蚊种白纹伊蚊是优势种群。

徐仁权等 (2010) 在居民区现场用吡丙醚 (Pyriproxyfen) 处理白纹伊蚊孳生地的雨水井和其他水体 (即类似陷阱诱捕法), 用叮刺法测定成蚊密度。发现吡丙醚颗粒剂施用于现场蚊虫孳生地后, 蚊幼虫以及成蚊密度均有明显下降。本研究通过常年在山顶招待所和天胜村招待所布放蚊子陷阱, 且陷阱里放置诱蚊剂, 诱蚊效果更佳。在一年中蚊虫活动最活跃的月份, 均能有效控制白纹伊蚊, 大幅度降低了蚊虫密度。

因此, 利用陷阱诱捕法防治白纹伊蚊是可行的, 值得大力推广。而且陷阱诱捕法在蚊虫密度低的地方效果更佳, 再结合其他的防制措施, 在一定范围内如政府、研究所大院, 学校、居民小区等环境, 常年布放诱蚊陷阱, 可以达到理想的控制效果。

参考文献 (References)

- Ali F, Jodi MS, Whitney AQ, Günter CM, Rui DX, 2014. Attractive toxic sugar baits mixed with pyriproxyfen sprayed on plants against adult and larval *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 51(4): 896–899.
- Bernier UR, Kline DL, Barnard DR, Schreck CE, Yost RA, 2000. Analysis of human skin emanations by gas chromatography/mass spectrometry. 2. identification of volatile compounds that are candidate attractants for the yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*). *Analytical Chemistry*, 72(4): 747–756.
- Braks MAH, Meijerink J, Takken W, 2001. The response of the malaria mosquito, *Anopheles gambiae*, to two components of human sweat, ammonia and L-lactic acid, in an olfactometer. *Physiological Entomology*, 26(2): 142–148.
- Deng TF, Mo JC, Cheng JA, 2009. Study on oviposition attractants to *Aedes albopictus*. *Journal of Zhejiang University (Agri. & Life Sci.)*, 35(5): 532–536. [邓天福, 莫建初, 程家安, 2009. 白纹伊蚊产卵引诱物研究. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 35(5): 532–536.]
- Dai JQ, Han SC, Du JW, 2010. Research advances in the diamondback moth semiochemicals and its applications. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 31(7): 1218–1226. [戴建青, 韩诗畴, 杜家纬, 2010. 小菜蛾化学信息素研究进展及应用概况. 热带作物学报, 31(7): 1218–1226.]
- Gibson PG, Torr SJ, 1999. Visual and olfactory responses of haematophagous Diptera to host stimuli. *Medical and Veterinary Entomology*, 13(1): 2–23.

- Kshitij C, Devi SS, Yi W, Isik U, Eric W, Gregory MW, Randy G. 2016. Targeting a hidden enemy: Pyriproxyfen autodissemination strategy for the control of the container mosquito *Aedes albopictus* in cryptic habitats. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, doi:10.1371/journal.pntd.0005235.
- Li CY, Chen XG. 2018. Research and application progress of *Aedes albopictus* monitoring and control techniques. *China Tropical Medicine*, 18(7): 732–739. [李晨颖, 陈晓光, 2018. 媒介白纹伊蚊监测和控制技术研究及应用进展. 中国热带医学, 18(7): 732–739.]
- Lin LF, Cai SW, Lu WC, Duan JH, Yin WX, Yi JR, Chen Q. 2006. Comparison of the monitor results between mosq-ovitraps and ovitraps in the field. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 17(6): 450–453. [林立丰, 蔡松武, 卢文成, 段金花, 阴伟雄, 易建荣, 陈清, 2006. 诱蚊诱卵器与诱卵杯现场监测效果的比较研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 17(6): 450–453.]
- Liu GQ, Huang H, Liu JY, Ou JF, Wu H, Zheng JH, Zhou ZY, Jian JL, Chen RH. 2010. Attraction of volatiles from guava for *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Journal of Environmental Entomology*, 32(2): 291–294. [刘桂清, 黄鸿, 刘景业, 欧剑峰, 吴华, 郑基焕, 周卓颖, 简嘉亮, 陈勇辉, 2010. 番石榴挥发物对桔小实蝇成虫的引诱作用. 环境昆虫学报, 32(2): 291–294.]
- Takken W, Knols BGJ. 1999. Odor-mediated behavior of afrotropical malaria mosquitoes. *Annual Review of Entomology*, 44: 131–157.
- Takken W, Kline DL. 1989. Carbon dioxide and 1-octen-3-ol as mosquito attractants. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 5 (3): 311–316.
- Wang ZH, Ma K, Zhang RP, Luo S, Li JG, Yin JH. 2010. Attraction of decayed guava fruits to the oriental fruit fly and chemical compounds of the volatiles from the fruit. *Journal of South China Agricultural University*, 31(4): 32–35. [王泽槐, 马镭一, 张瑞萍, 罗诗, 李建国, 尹金华, 2010. 番石榴腐烂果对桔小实蝇的引诱作用及挥发物化学成分分析. 华南农业大学学报, 31(4): 32–35.]
- Wen J, Zhi JR, Lü ZY, Li SX. 2015. Behavioral responses of *Frankliniella occidentalis* to tomato plants infested with *Tetranychus urticae* and analysis of the volatile compounds of tomato plants. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(4): 968–976. [温娟, 邹军锐, 吕召云, 李顺欣, 2015. 西花蓟马对二斑叶螨为害后番茄的行为反应及挥发物成分分析. 应用昆虫学报, 52(4): 968–976.]
- Wu H, Dai JQ, Chen DS, Huang H. 2019. Effect of several human metabolic compounds for trapping *Culex pipiens quinquefasciatus*. *Chinese Journal of Schistosomiasis Control*, doi: 10.16250/j.32.1374.2019153. [吴华, 戴建青, 陈大嵩, 黄鸿, 2019. 几种人体代谢化合物诱捕致倦库蚊效果. 中国血吸虫病防治杂志, doi: 10.16250/j.32.1374.2019153.]
- Xu RQ, Liu HX, Leng PE, Sun CW, Cai EM, Fei SJ. 2010. Effectiveness of 0.5% pyriproxyfen granules for *Aedes albopictus* control. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 21(4): 297–299. [徐仁权, 刘洪霞, 冷培恩, 孙春卫, 蔡恩茂, 费胜军, 2010. 0.5%吡丙醚颗粒剂对白纹伊蚊控制效果的研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 21(4): 297–299.]
- Xin WL, Wang ZD, Han ZJ. 2015. Effects of several attractants on the behavior and electroantennograms of *Aedes albopictus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(4): 890–895. [忻伟隆, 王宗德, 韩招久, 2015. 白纹伊蚊对几种引诱物的行为和触角电位反应. 应用昆虫学报, 52(4): 890–895.]
- Yu J, Wang CZ, Wang J, Zhang FQ, Qiu W, Fan QS. 2013. Electrophysiological responses and attraction of *Aedes albopictus* to several fatty acids. *Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments*, 19(3): 200–202. [余静, 王承珠, 王杰, 张富强, 邱薇, 范泉水, 2013. 脂肪酸类物质对白纹伊蚊的触角电生理影响及引诱作用. 中华卫生杀虫药械, 19(3): 200–202.]
- Zhang LY, Lei CL. 2012. Integration of olfactory and visual cues on oviposition of *Aedes albopictus* (Skuse). *Acta Parasitologica et Medica Entomologica Sinica*, 19(1): 25–28. [张令要, 雷朝亮, 2012. 嗅觉和视觉引诱物对白纹伊蚊产卵行为的影响. 寄生虫与医学昆虫学报, 19(1): 25–28.]
- Zhou YB, Zhao TY, Leng PE. 2008. Application of *Aedes mosquitoes* ovipositor in monitoring *Aedes mosquitoes*. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 19(5): 487–489. [周毅彬, 赵彤言, 冷培恩, 2008. 伊蚊诱卵器在伊蚊监测中的应用. 中国媒介生物学及控制杂志, 19(5): 487–489.]