

挥发性脂肪酸铵盐在诱捕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】评价 6 种化合物及其混合物在野外现场对白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 成虫诱捕的效果。【方法】采用陷阱诱捕法分别测定了乙酸、丙酸和辛酸 3 种脂肪酸及其铵盐对白纹伊蚊的诱捕效果, 并分析了引诱物对白纹伊蚊活性的影响及其规律。【结果】在供试的 6 种化合物中, 乙酸、丙酸和辛酸 3 种脂肪酸及其铵盐(乙酸铵、丙酸铵和辛酸铵)诱捕效果显著, 同剂量的各化合物对白纹伊蚊的诱蚊效果依次是乙酸 > 丙酸 = 辛酸 = 乙酸铵 > 丙酸铵 > 辛酸铵。相同质量脂肪酸(乙酸、丙酸、辛酸): 脂肪酸铵(乙酸铵、丙酸铵、辛酸铵) = 1 : 1 至 1 : 4 的配方比, 其平均累计诱捕量均显著优于其单组分及对照水 ($P < 0.05$)。说明脂肪酸(乙酸、丙酸、辛酸)与脂肪酸铵(乙酸铵、丙酸铵、辛酸铵)混合具有协同增效作用。其中最优化配方是[脂肪酸(乙酸、丙酸、辛酸)] : [脂肪酸铵(乙酸铵、丙酸铵、辛酸铵)] = 1 : 2, 平均累计诱捕量分别比单组分脂肪酸增加 27.56%、27.66%、26.98%, 分别比单组分脂肪酸铵增加 41.64%、41.18%、40.35%和分别比对照水增加 72.29%、72.25%、72.66% ($P < 0.05$)。【结论】现场诱蚊试验结果表明, 根据相似相溶原理将脂肪酸与脂肪酸铵混配并结合陷阱诱捕器, 能够显著提高对白纹伊蚊的诱捕数量, 延长诱蚊时间。脂肪酸铵味道不大, 有望替代气味刺激的脂肪酸, 可适用于家居办公环境中使用。

关键词 脂肪酸铵盐; 陷阱诱捕法; 白纹伊蚊; 增效; 相似相溶

Effectiveness of ammonium salts of volatile fatty acids as a lure for trapping *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 effectiveness of six compounds, and combinations of these, as lures for trapping female *Aedes albopictus* mosquitoes in the field. 【Methods】The attractiveness of three fatty acids (acetic acid, propionic acid and octanoic acid) and their ammonium salts (ammonium acetate, ammonium propionate, and ammonium octanoate) were assessed based on the number of female mosquitoes captured in traps. 【Results】Acetic acid, propionic acid, octanoic acid, and their ammonium salts, were all significantly more attractive to female mosquitoes than the distilled water control. Equivalent dosages of these compounds ranked in attractiveness as follows; acetic acid > propionic acid = octanoic acid = ammonium acetate > ammonium propionate > ammonium octanoate. The mean accumulated number of females trapped by 1 : 1 to 1 : 4 ratios of fatty acids and their respective ammonium salts were significantly greater than the number captured using either fatty acids in isolation or the distilled water control ($P < 0.05$). This demonstrates a synergistic effect between the fatty acids and their respective ammonium salts. The most optimum ratio was a 1 : 2 combination of fatty acid and ammonium salt. The mean accumulated number of mosquitoes captured using this formulation was 27.56%, 27.66%, and 26.98% higher,

^{*}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@giz.gd.cn; gdipml@giz.gd.cn

收稿日期 Received: 2019-08-05; 接受日期 Accepted: 2019-09-09

respectively, than either acetic acid, propionic acid, octanoic acid alone, 41.64%, 41.18%, and 40.35% higher than with ammonium, and 72.29%, 72.25%, and 72.66% higher than the distilled water control ($P < 0.05$). **[Conclusion]** A 1 : 2 combination of a fatty acid and its ammonium salt can significantly increase and prolong the effectiveness of mosquito trapping compared to using just the fatty acid alone. Fatty acid ammonium salts are also have the advantage of being odorless to humans and therefore more suitable for use in the home or office environment.

Key words ammonium salts of fatty acids; trap trapping; *Aedes albopictus*; synergism; similarity and intermiscibility

白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 在我国主要分布于北纬 30°以南, 是登革热、黄热病、西马脑炎等多种虫媒疾病的传播媒介(陆宝麟和赵彤言, 2000)。蚊虫的许多行为如吸血、产卵和宿主搜寻等主要受宿主动物气味物质的影响(Gibson and Torr, 1999; Takken and Knols, 1999)。据文献报道, 人体引诱的差异与人体汗液有关, 而脂肪酸类物质是人体汗液的主要成分, 并证明参与影响蚊虫宿主搜寻行为(Bosch *et al.*, 2000)。然而, 脂肪酸类物质挥发性强, 气味难闻, 这些化学特性降低了它们的诱蚊效果和阻碍了应用推广。为了减缓这些诱蚊剂的挥发性, 延长诱蚊时间和诱蚊效果, 可以通过添加缓释材料的方式, 也可以通过相似相溶原理来实现。如于小杰等(2018)为了提高聚乙二醇-b-聚乳酸(PEG-PLA)与药物卡巴他赛(Cabazitaxel)的相溶性以及载药能力, 对 PEG-PLA 进行末端官能团改性, 在 PEG-PLA 末端接枝药物卡巴他赛, 根据相似相溶原理来提高 PEG-PLA 的载药能力, 实现了提高药物的缓释效果。韩霞等(2008)根据相似相溶原理, 利用石油磺酸盐的亲油基来源于被驱原油的烃基, 使用石油磺酸盐有利于在被驱油体系中油水界面的吸附, 取得了良好的驱油效果。因此, 我们根据相似相溶原理, 尝试通过脂肪酸铵盐和脂肪酸的组合, 来达到减缓脂肪酸的挥发性, 掩盖难闻气味, 从而起到延长诱蚊时间、提高诱蚊效果和拓展脂肪酸类诱蚊剂的应用范围的目的。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 供试试剂 乙酸, 分析纯, 广州市番禺力强化工厂; 辛酸, 分析纯, 天津光复精细化工研

究所; 丙酸, 99.5%, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 乙酸铵, 分析纯, 广州化学试剂厂; 丙酸铵, 分析纯, 广东翁江化学试剂有限公司; 辛酸铵, 由广东省科学院动物研究所实验室研制。

1.1.2 实验场所 以广东省科学院动物研究所大院作为试验场所。大院内树木以红花羊蹄甲、木棉树、芒果树、白玉兰、莲雾树和大叶榕树为主, 建筑物周围的绿化带则主要种植花叶合果芋和翠芦莉, 围墙外有鱼塘竹林, 环境适合蚊虫滋生。

1.1.3 陷阱诱捕器的制作 陷阱诱捕器: 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, 将其内部不留死角全面涂一层胶黏剂。试验过程中, 以陷阱诱捕器中不加试验物, 只加纯水作为对照组。

1.1.4 引诱剂的配制 将乙酸、丙酸和辛酸各称取 1 g, 滴在医用脱脂棉上; 乙酸铵、丙酸铵和辛酸铵各称取 1 g 兑纯水 2 mL 滴在医用脱脂棉上, 备用。

1.2 实验设计

1.2.1 不同化合物对白纹伊蚊的引诱作用 处理组: 按上述 1.1.4 方法, 将处理过的脱脂棉放入按 1.1.3 制作的陷阱诱捕器中, 每隔 3 周换 1 次。对照组: 在 1.1.3 制作的陷阱诱捕器里加入 500 g 纯水, 形成小积水, 每隔 3 周换 1 次。试验设置 5 个区组, 每个区组内陷阱诱捕器的间距大约为 3.0 m。试验过程中, 每天调查白纹伊蚊诱捕数量并清除捕获的个体。陷阱诱捕器的位置每调查 5 次重新随机变化 1 次。

1.2.2 不同配比的脂肪酸与脂肪酸铵混合物对白纹伊蚊诱捕效果 将 1.2.1 试验获得的对白纹伊蚊具有显著引诱作用的 6 种化合物, 其中脂肪酸铵是固态, 其它 3 种脂肪酸均为液态, 根据相

似相溶原理将液态的 3 种脂肪酸分别与各自的固态脂肪酸铵进行 1-5 : 1-5 混合, 以期筛选出具有增效作用的混合物。试验方法同 1.2.1。

1.2.3 不同化合物对白纹伊蚊诱捕的持效性 将 1.2.2 试验获得的对白纹伊蚊具有增效作用的混合物及其单组分化合物, 通过延长观察时间, 观察各化合物对白纹伊蚊诱捕的持效时长。试验方法同 1.2.1, 试验过程中, 处理组不更换诱芯脱脂棉。

1.3 数据处理与分析

每个阶段的试验结束后, 将不同日期同一配方的 5 个陷阱诱蚊装置分别对其诱捕量进行加和, 以计算该配方的累计诱捕量; 除以该配方重复次数 ($n=5$), 即为平均累计诱捕量。

实验数据用 ANOVA 分析, 用 LSD 分析法进行差异显著性比较 (忻伟隆等, 2015)。

2 结果与分析

2.1 不同化合物对白纹伊蚊的引诱作用

在供试的 6 种化合物中, 对白纹伊蚊的平均累计诱蚊量均显著高于对照 ($P < 0.05$), 其中乙酸的平均累计诱蚊量最高, 达 (32.20 ± 6.18) 头, 极显著高于对照 (5.00 ± 2.00) 头 ($P < 0.05$)。其次是丙酸 (22.80 ± 3.56) 头、辛酸 (23.00 ± 3.74) 头、乙酸铵 (19.60 ± 5.94) 头, 然后是丙酸铵 (15.00 ± 5.70) 头, 最后是辛酸铵 (10.20 ± 3.27) 头。同

剂量的各化合物对白纹伊蚊的诱蚊效果依次是乙酸>丙酸=辛酸=乙酸铵>丙酸铵>辛酸铵 (表 1)。

2.2 不同配比的乙酸与乙酸铵混合物对白纹伊蚊诱捕效果

从表 2 可以看出, 乙酸 : 乙酸铵=1 : 1 至 1 : 4 的配方比, 平均累计诱捕量均显著优于单组分乙酸、乙酸铵和对照 ($P < 0.05$)。其中, 最优配方比是乙酸 : 乙酸铵=1 : 2, 平均累计诱捕量为 (39.80 ± 4.66) 头, 显著高于单组分乙酸 (22.60 ± 5.22 头), 极显著高于乙酸铵 (16.40 ± 5.55) 头和对照 (6.40 ± 3.58) 头 ($P < 0.05$)。

乙酸与乙酸铵混合 (乙酸 : 乙酸铵=1 : 1 至 1 : 4) 的诱蚊效果显著优于单组分乙酸、乙酸铵的诱蚊效果, 说明乙酸与乙酸铵混合具有协同增效的作用。而且, 乙酸对白纹伊蚊的平均累计诱捕量极显著高于对照纯水, 乙酸铵也达到显著水平 ($P < 0.05$)。

2.3 不同配比的丙酸与丙酸铵混合物对白纹伊蚊诱捕效果

从表 3 可以看出, 丙酸 : 丙酸铵=1 : 1 至 1 : 4 的配方比, 平均累计诱捕量均显著优于单组分丙酸、丙酸铵和对照水 ($P < 0.05$)。其中最优配方比是丙酸 : 丙酸铵=1 : 2, 平均累计诱捕量为 (36.00 ± 5.20) 头, 显著高于单组分丙酸 (20.40 ± 4.93) 头, 极显著高于丙酸铵 (15.00 ± 5.70) 头和对照 (5.80 ± 3.83) 头 ($P < 0.05$)。

表 1 不同化合物对白纹伊蚊的引诱作用

Table 1 Mean accumulation catches of *Aedes albopictus* with different compounds

化合物 Compounds	总剂量/桶 (g) Total dose per lure	平均累计诱蚊量 Mean accumulation catches of <i>Aedes albopictus</i>
乙酸 Acetic acid	1	$32.20 \pm 6.18a$
丙酸 Propionic acid	1	$22.80 \pm 3.56b$
辛酸 Octanoic acid	1	$23.00 \pm 3.74b$
乙酸铵 Ammonium acetate	1	$19.60 \pm 5.94b$
丙酸铵 Ammonium propionate	1	$15.00 \pm 5.70c$
辛酸铵 Ammonium octanoate	1	$10.20 \pm 3.27d$
纯水 Distilled water	500	$5.00 \pm 2.00e$

表中数据为平均数量 $\pm$ 标准差 ($n=5$), 同列数据后标有不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下表同。

Data are mean $\pm$ SD ($n=5$), and followed by different lowercase letters within same column indicate significant different at the 0.05 level. The same below.

表 2 不同配比的乙酸与乙酸铵混合物对白纹伊蚊诱捕效果

Table 2 Comparison of trapping effects of acetic acid and ammonium acetate with different proportions on *Aedes albopictus*

成分 Components	比例 Blend ratio	总剂量/桶 (g) Total dose per lure	平均累计诱蚊量 Mean accumulation catches of <i>Aedes albopictus</i>
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	5：1	1	21.20 ± 5.26b
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	4：1	1	23.40 ± 4.28b
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	3：1	1	26.20 ± 5.31b
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	2：1	1	27.20 ± 5.72b
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	1：1	1	37.00 ± 4.30a
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	1：2	1	39.80 ± 4.66a
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	1：3	1	34.20 ± 4.32a
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	1：4	1	32.60 ± 4.98a
乙酸：乙酸铵 Acetic acid：Ammonium acetate	1：5	1	26.80 ± 6.38b
乙酸 Acetic acid	—	1	22.60 ± 5.22b
乙酸铵 Ammonium acetate	—	1	16.40 ± 5.55c
纯水 Distilled water	—	500	6.40 ± 3.58d

表 3 不同配比的丙酸与丙酸铵混合物对白纹伊蚊诱捕效果

Table 3 Comparison of trapping effects of propionic acid and ammonium propionate with different proportions on *Aedes albopictus*

成分 Components	比例 Blend ratio	总剂量/桶 (g) Total dose per lure	平均累计诱蚊量 Mean accumulation catches of <i>Aedes albopictus</i>
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	5：1	1	19.40 ± 5.77b
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	4：1	1	21.20 ± 5.07b
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	3：1	1	22.60 ± 4.39b
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	2：1	1	23.80 ± 4.87b
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	1：1	1	33.40 ± 4.16a
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	1：2	1	36.00 ± 5.20a
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	1：3	1	31.00 ± 5.24a
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	1：4	1	29.60 ± 5.46a
丙酸：丙酸铵 Propionic acid：Ammonium propionate	1：5	1	23.40 ± 5.03b
丙酸 Propionic acid	—	1	20.40 ± 4.93b
丙酸铵 Ammonium propionate	—	1	15.00 ± 5.70c
纯水 Distilled water	—	500	5.80 ± 3.83d

丙酸与丙酸铵混合（丙酸：丙酸铵=1：1 至 1：4）诱蚊效果显著优于单组分丙酸、丙酸铵的诱蚊效果，说明丙酸与丙酸铵混合具有协同增效的作用。而且，丙酸对白纹伊蚊的平均累计诱捕量极显著高于对照纯水，丙酸铵也达到显著水平（ $P < 0.05$ ）。

2.4 不同配比的辛酸与辛酸铵混合物对白纹伊蚊诱捕效果

从表 4 可以看出，辛酸：辛酸铵=1：1 至 1：4 的配方比，平均累计诱捕量均显著优于单组分辛酸、辛酸铵和对照水（ $P < 0.05$ ）。其中最优配

方比是辛酸：辛酸铵=1：2，平均累计诱捕量为（24.00 ± 1.87）头，显著高于单组分辛酸（13.80 ± 2.68）头，极显著高于辛酸铵（10.20 ± 3.27）头和对照（3.80 ± 2.17）头（*P* < 0.05）。
辛酸与辛酸铵混合（辛酸：辛酸铵=1：1 至

1：4）诱蚊效果显著优于单组分辛酸、辛酸铵的诱蚊效果，说明辛酸与辛酸铵混合具有协同增效的作用。而且，辛酸对白纹伊蚊的平均累计诱捕量极显著高于对照纯水，辛酸铵也达到显著水平（*P* < 0.05）。

表 4 不同配比的辛酸与辛酸铵混合物对白纹伊蚊诱捕效果
Table 4 Comparison of trapping effects of octanoic acid and ammonium octanoate with different proportions on *Aedes albopictus*

成分 Components	比例 Blend ratio	总剂量/桶（g） Total dose per lure	平均累计诱蚊量 Mean accumulation catches of <i>Aedes albopictus</i>
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	5：1	1	13.00 ± 4.00b
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	4：1	1	14.20 ± 2.39b
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	3：1	1	15.00 ± 2.12b
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	2：1	1	15.60 ± 2.30b
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	1：1	1	22.40 ± 1.82a
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	1：2	1	24.00 ± 1.87a
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	1：3	1	21.00 ± 2.65a
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	1：4	1	20.00 ± 3.16a
辛酸：辛酸铵 Octanoic acid：Ammonium octanoate	1：5	1	15.20 ± 1.92b
辛酸 Octanoic acid	—	1	13.80 ± 2.68b
辛酸铵 Ammonium octanoate	—	1	10.20 ± 3.27c
纯水 Distilled water	—	500	3.80 ± 2.17d

2.5 不同化合物对白纹伊蚊诱捕的持效性比较

不同化合物对白纹伊蚊诱捕的持效性如图 1 所示。脂肪酸（乙酸、丙酸、辛酸）对白纹伊蚊诱捕数量呈先增加后降低的趋势。即刚开始时脂肪酸迅速大量挥发，浓度太高，第 1 天诱捕到的蚊虫数量少，然后脂肪酸浓度趋于适合诱捕蚊虫的浓度，诱捕到的蚊虫数量越来越多，到 10 d 时达到峰值，然后脂肪酸挥发完毕，浓度迅速下降，低于蚊虫侦测的阈值，约 18 d 后就挥发干净了，诱捕蚊虫数量为 0。脂肪酸铵盐（乙酸铵、丙酸铵、辛酸铵）是固态，挥发缓慢，浓度均匀，对白纹伊蚊的诱捕数量比较平稳，但持效性很长，60 d 还可以诱捕到白纹伊蚊。脂肪酸铵盐与脂肪酸混合物，明显具有增效作用，脂肪酸铵盐减缓了脂肪酸的挥发速度，挥发浓度比较均匀，增效时间长，到 40 d 依然比单组分脂肪酸铵盐诱捕到的蚊虫数量多。

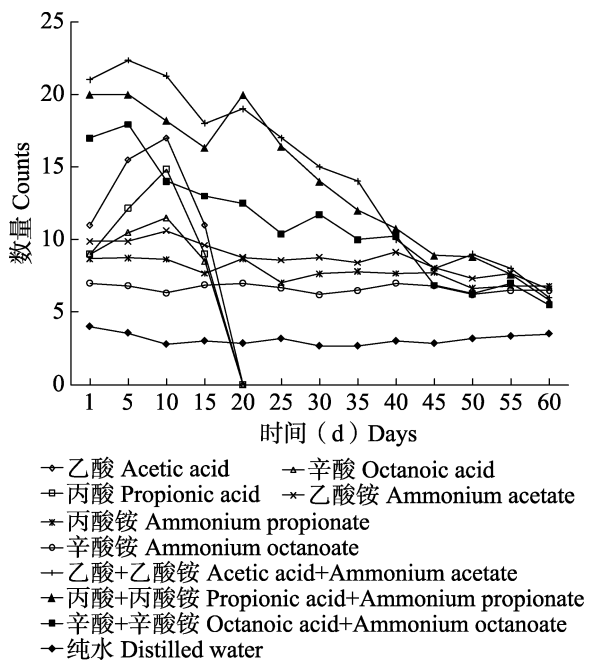


图 1 不同化合物对白纹伊蚊诱捕的持效性
Fig. 1 Comparison of persistence of different compounds in the trapping of *Aedes albopictus*

3 讨论

本研究利用陷阱诱捕法测定了几种化合物对白纹伊蚊的诱蚊活性。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活性。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,本研究用于防控实践试验的化合物浓度比室内试验和触角电生理测定的有效浓度均高。这是因为在野外环境下,蚊虫离化合物引诱源较远,如果诱集陷阱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。在野外条件下要达到与室内相同的引诱效果,需要试验化合物具有更高的浓度。王泽槐等(2010)、刘桂清等(2010)对桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 引诱化合物的研究也发现,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。

本研究发现,脂肪酸铵(乙酸铵、丙酸铵、辛酸铵)对白纹伊蚊具有显著的引诱效果,这在文献中未见报道,可能是因为铵盐易潮解,这些脂肪酸铵(乙酸铵、丙酸铵、辛酸铵)潮解后在水溶液中会发生微弱水解,从而释放出脂肪酸和氨水。蔡波等(2014)通过铵盐(乙酸铵)水解释放出氨来诱捕桔小实蝇雌、雄虫,对桔小实蝇雌、雄虫诱捕效果及雌虫诱捕率均与标准引诱物假丝酵母饵剂(Torula yeast bait pellets, TY)相当,各项指标均显著优于商品 0.02% 猎蝇饵剂(GF-120 Naturalyte Fruit Fly Bait)。本研究在试验进行过程中也观察到这个现象:每当天气潮湿时候,陷阱诱捕器里的脂肪酸铵吸湿潮解,形成固液混合物,这时候捕获的蚊虫特别多。

赵锦年等(2011)通过加入微晶碳素、膨润土等固体缓释材料,制成的缓释型松褐天牛 *Monochamus alternatus* 引诱剂,释放速率稳定,持效期延长 4 倍,并且引诱活性与原剂型液态引诱剂相当。根据相似相溶原理,本研究选择具有引诱活性的脂肪酸铵盐,对挥发性强的脂肪酸进行吸附缓释,释放速率稳定,混合物的引诱活性与单组分脂肪酸相比,显著增加,脂肪酸铵盐与脂肪酸具有协同增效作用。乙酸、丙酸、辛酸这

些脂肪酸是液体,挥发性强,挥发浓度不均匀,对白纹伊蚊诱捕数量有个典型的峰值,呈先增加后降低的趋势。在 30 °C 高温下,吸附在脱脂棉里的脂肪酸,大约 18 d 就挥发干净,诱捕器里表现为连续几天诱捕蚊虫数量为 0。而乙酸铵、丙酸铵、辛酸铵这些脂肪酸铵盐是固态,挥发缓慢,挥发浓度均匀,连续观察 60 d,还能诱捕到蚊虫。脂肪酸铵盐与脂肪酸的混合物,到 40 d 依然比单组分脂肪酸铵盐诱捕到的蚊虫数量多。

脂肪酸铵除了可以吸附诱蚊成分脂肪酸,起到缓释作用外,它本身潮解后还可以释放出微量脂肪酸,而且脂肪酸铵味道不大,有望替代气味刺激的脂肪酸,可适用于家居办公环境中使用。

宿主气味物质是影响蚊虫宿主搜寻行为和吸血行为的重要因子,从宿主气味物质中寻找对蚊虫引诱效果的化学物质,是开发新型引诱剂的一条重要途径(Gibson and Torr, 1999; Takken and Knols, 1999; Takken, 1991)。Geier 等(1999)认为蚊虫定位宿主是人体不同气味物质协同作用的结果。气味混合物如汗、皮肤残留物、呼气及林堡奶酪的萃取物等对不同种类蚊虫的引诱力均显著强于单一气味物质等(Takken and Knols, 1999)。这可能是因为气味混合物比单一气味更接近于蚊虫宿主气味。许多实验室已经发现众多对蚊虫有引诱活性的宿主气味物质,但是直接利用宿主气味物质引诱蚊虫的实践还比较少,可能与宿主气味物质在野外引诱效果并不理想有关。本研究中,脂肪酸(乙酸、丙酸、辛酸)是人体气味的 3 种物质,现场诱蚊效果显示,将脂肪酸(乙酸、丙酸、辛酸)+脂肪酸铵(乙酸铵、丙酸铵、辛酸铵)按一定比例混配并配合陷阱诱捕器,能够明显提高蚊虫诱捕数量,显著延长诱蚊时间,减轻工作强度。因此,本试验表明,在野外现场蚊虫监测或诱捕中加入缓释型的宿主气味物质(脂肪酸与脂肪酸铵混合物)可提高对蚊虫的引诱作用和降低人工成本。

参考文献 (References)

- Bosch OJ, Geier M, Boeckh J, 2000. Contribution of fatty acids to olfactory host finding of female *Aedes aegypti*. *Chemical Senses*, 25(3): 323–330.

- Cai B, Lin MG, Zhang Y, Li F, Shi J, 2014. Study on the trapping effect of ammonium salts synthetic bait on female *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *South China Fruits*, 43(4): 86–91. [蔡波, 林明光, 张艳, 黎奋, 石晶, 2014. 铵盐类合成饵剂对桔小实蝇雌虫诱捕效果研究. 中国南方果树, 43(4): 86–91.]
- Deng TF, Mo JC, Cheng JA, 2009. Study on oviposition attractants to *Aedes albopictus*. *Journal of Zhejiang University (Agric. & 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.]
- Geier M, Bosch OJ, Boeckh J, 1999. Influence of odour plumes on upwindflight of mosquitoes towards hosts. *Journal of Experimental Biology*, 202(12): 1639–1648.
- Gibson PG, Torr SJ, 1999. Visual and olfactory responses of haematophagous Diptera to host stimuli. *Medical and Veterinary Entomology*, 13(1): 2–23.
- Han X, Wang JH, Guan SF, Wang TL, 2008. Research and application of petroleum sulfonate as oil displacement agents. *Detergent & Cosmetics*, 31(11): 38–41. [韩霞, 王建华, 管善峰, 王田丽, 2008. 驱油用石油磺酸盐的研究及其应用. 日用化学品科学, 31(11): 38–41.]
- Lu BL, Zhao TY, 2000. The mosquito studies in the past fifty years in China. *Acta Entomologica Sinica*, 43(Suppl.): 1–7. [陆宝麟, 赵彤言, 2000. 50 年来我国的蚊类研究. 昆虫学报, 43(增刊): 1–7.]
- Liu GQ, Huang H, Liu JY, Ou JF, Wu H, Zheng JH, Zhou ZY, Jian JL, Chen YH, 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. Odour mediated behaviour of afrotropical malaria mosquitoes. *Annual Review of Entomology*, 44: 131–157.
- Takken W, 1991. The role of olfaction in host-seeking of mosquitoes: A review. *International Journal of Tropical Insect Science*, 12(1/2/3): 287–295.
- Wang ZH, Ma KY, 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, 马鏊一, 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.]
- 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 XJ, Wu YB, Mao J, Jin YS, Li SX, Yang D, Wang H, 2018. Poly(ethylene glycol)-b-Poly(lactic acid) terminal modification and application in Cabazitaxel take medicine system. *Polymer Materials Science and Engineering*, 34(6): 42–48. [于小杰, 伍一波, 毛静, 金玉顺, 李树新, 杨丹, 王浩, 2018. 聚乙二醇-b-聚乳酸末端官能团的合成及在卡巴他赛载药体系中的应用. 高分子材料科学与工程, 34(6): 42–48.]
- 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.]
- Zhao JN, Jiang P, Zhang XY, Lin YH, Huang ZG, He YY, 2011. Study on the slow-release attractant for *Monochamus alternatus* and its attractive effect. *Forest Research*, 24(3): 350–356. [赵锦年, 蒋平, 张星耀, 林云华, 黄照岗, 何玉友, 2011. 松褐天牛缓释型引诱剂及其引诱效果研究. 林业科学研究, 24(3): 350–356.]