

八角茴香浸提液对白背飞虱的取食、产卵选择性及杀虫活性的影响



王淳静¹ 项楚一¹ 金 路² 陈永根² 王 霞^{1*} 周国鑫^{1*}

(1. 浙江农林大学农业与食品科学学院, 杭州 311300; 2. 浙江越州省级粮食储备库, 绍兴 312000)

摘要: 为明确八角茴香 *Illicium verum* 浸提液对白背飞虱 *Sogatella furcifera* 的取食、产卵选择性及杀虫活性的影响, 制备八角茴香正己烷和二氯甲烷浸提液, 用这2种浸提液处理的水稻饲喂白背飞虱后, 测定八角茴香浸提液对白背飞虱的杀虫活性, 并观察对其取食、产卵量以及蜜露量的影响。结果表明: 与对照水稻相比, 白背飞虱在八角茴香正己烷、二氯甲烷浸提液处理的水稻上取食和产卵量都极显著地减少, 产卵量分别仅为对照水稻的31.5%和40.2%。在八角茴香正己烷、二氯甲烷浸提液处理水稻上取食的白背飞虱分泌的蜜露量也显著或极显著降低, 分别仅为对照的59.61%和48.71%。八角茴香正己烷、二氯甲烷浸提液对白背飞虱有较好的杀虫活性, 72 h致死中浓度 LC_{50} 分别为0.59 $\mu\text{L/mL}$ 和0.46 $\mu\text{L/mL}$ 。2种八角茴香浸提液对白背飞虱乙酰胆碱酯酶都具有抑制活性, 抑制中浓度分别为1.33 $\mu\text{L/mL}$ 和1.13 $\mu\text{L/mL}$ 。说明八角茴香中存在对白背飞虱行为调控和杀虫活性物质, 具有作为植物源杀虫剂用于田间防控白背飞虱的潜在价值。

关键词: 八角茴香; 白背飞虱; 生物活性; 乙酰胆碱酯酶

Effects of star anise *Illicium verum* extracts on feeding and ovipositional selectivity of white-backed rice planthopper *Sogatella furcifera* and their insecticidal activities

Wang Zhunjing¹ Xiang Chuyi¹ Jin Lu² Chen Yonggen² Wang Xia^{1*} Zhou Guoxin^{1*}

(1. School of Agricultural and Food Sciences, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang Province, China;

2. Yuezhou Provincial Grain Reserve Depot, Shaoxing 312000, Zhejiang Province, China)

Abstract: The n-hexane and dichloromethane extracts of *Illicium verum* powder were obtained, and their toxicities against white-backed rice planthopper *Sogatella furcifera* and effects on its feeding and ovipositional selectivity were investigated. The results showed that the numbers of *S. furcifera* choosing to feed and lay eggs on rice treated with n-hexane and dichloromethane extracts of star anise were both decreased, compared with on the control, and the number of eggs on rice plants treated with n-hexane and dichloromethane extracts was only 31.5% and 40.2% of that on the control, respectively. The amount of honeydew secreted by *S. furcifera* feeding on rice treated with n-hexane and dichloromethane extracts of star anise was also highly significantly reduced, only 59.61% and 48.71% of that on the control, respectively. The two extracts showed a satisfactory insecticidal activity to *S. furcifera*, with a half lethal concentration (LC_{50}) of 0.59 $\mu\text{L/mL}$ and 0.46 $\mu\text{L/mL}$, respectively, 72 h after treatment. Both extracts had an inhibitory activity towards acetylcholinesterase of *S. furcifera*, with a half inhibition concentration of 1.33 $\mu\text{L/mL}$ and 1.13 $\mu\text{L/mL}$, respectively. It indicated that there were some bioactive

基金项目: 国家自然科学基金(31572020), 浙江省项目基金(LY19C140005, 2018C02050, 2017A22004), 浙江农林大学学生科研训练项目(KX20180006), 浙江省新苗人才计划项目(2020R412050)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: sunny2@163.com, gxzhou@zafu.edu.cn

收稿日期: 2020-06-12

substances in star anise for behavior regulation and insecticidal activity against *S. furcifera*, displaying a potential value for the prevention and control of *S. furcifera* in the field.

Key words: *Illicium verum*; *Sogatella furcifera*; biological activity; acetylcholinesterase

白背飞虱 *Sogatella furcifera* 是亚洲稻区的主要害虫之一(陈建明等, 2000), 又是传播水稻黑条矮缩病的主要媒介(姜永根和程家安, 2011), 其繁殖能力和传播病毒能力强, 对水稻生产造成极大损害(Wang et al., 2017)。目前, 生产上用以防治白背飞虱的主要药剂是吡虫啉、噻嗪酮等(何忠雪和陆金鹏, 2020)。化学杀虫剂虽能在很大程度上能有效控制白背飞虱的为害, 但长期不合理地使用会导致杀虫剂的防治效果下降, 害虫抗药性增加(贾璐瑶等, 2020)。

植物源杀虫剂作用方式独特, 环境和谐度高, 可阻止或延缓害虫抗药性(Polatoğlu et al., 2017), 目前已成为国内外新型杀虫剂的研发热点, 具有极为广阔的开发前景(张兴等, 2015)。八角茴香 *Illicium verum* 是我国特有的中药和香辛料, 在中医药、食品加工等行业应用广泛(韩林宏, 2018), 在国内外关于其作为植物源农药防治害虫的研究较多。陆驰宇等(2014)测试了八角茴香油对赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* 成虫的熏蒸活性, 发现熏蒸 24 h 的校正死亡率即可达到 100%; Kim et al. (2016) 试验结果显示八角茴香精油 24 h 内对斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* 的熏蒸死亡率可达到 80%; 方灵等(2017)研究发现八角茴香精油对蚊虫有效驱避时间达 90 min; Shin et al. (2013) 认为其对苍白纤恙螨 *Leptotrombidium pallidum* 的有效驱避时间最高可达 167 min; Devi & Devi (2013) 采用八角茴香油拌粮, 发现 21 d 内米象 *Sitophilus oryzae* 的死亡率达 80% 以上, 对后代繁殖起抑制作用; Zhou et al. (2016) 研究了八角茴香的甲醇、乙酸乙酯和石油醚提取物对桃蚜 *Myzus persicae* 的触杀活性, 死亡率分别为 68.93%、89.95% 和 74.46%, 且对乙酰胆碱酯酶 (acetyl cholinesterase, AchE) 产生抑制作用。

目前, 已有许多关于八角茴香及其精油杀虫有效成份的报道。如 Li et al. (2020) 认为八角茴香果实精油主要含反式茴香脑 (91.32%)、*d*-柠檬烯 (2.0%) 和草蒿脑 (2.0%); 徐汉虹等 (1996) 对八角茴香枝叶进行水蒸气蒸馏, 所提取精油中主要成分为反式茴香脑 (98.22%), 其次是草蒿脑 (5.59%) 和芳樟醇 (1.69%)。徐汉虹等 (1996) 研究报道结果表明反式茴香脑为八角茴香主要杀虫活性成份, 反式茴香脑对玉米象 *S. zeamais* 和赤拟谷盗都具有较强的

生物活性, 对玉米象的种群繁殖抑制作用至少可持续 2 个月以上, 拌药后第 2 天接虫, 玉米象的死亡率达 91.11%。Shahriari et al. (2018) 研究发现反式茴香脑对地中海粉螟 *Ephestia kuehniella* 幼虫 AchE 有显著抑制作用, 抑制中浓度为 0.49 $\mu\text{L/mL}$ 。目前, 关于八角茴香用于白背飞虱害虫防治的研究报道较少。

本研究制备了八角茴香正己烷、二氯甲烷浸提液, 测定了这 2 种浸提液对白背飞虱雌成虫的杀虫活性和对白背飞虱 AchE 抑制作用, 以及比较了这 2 种浸提液处理水稻后对白背飞虱雌成虫取食和产卵嗜好性、取食量等的影响, 以期水稻害虫白背飞虱的绿色防控技术提供新选择。

1 材料与方法

1.1 材料

供试植物及昆虫: 八角茴香干果, 网购。水稻品种为 TN1, 由中国水稻研究所提供, 水稻种子于温控培养箱催芽后, 苗长高至 10 cm 单株种于 25 L 塑料筐中, 置于温度 (28 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$ 、光周期 16 L: 8 D、相对湿度 70%~80% 的温室进行水培(王佳妮等, 2018)。约 45 d 待水稻生长至 4~5 叶期后, 除去分蘖并单株移栽至直径 8 cm、高 10 cm 的塑料杯中, 恢复 3 d 后用于后续试验。白背飞虱成虫采自浙江农林大学官塘农场, 于温度 (28 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$ 、光周期 16 L: 8 D、相对湿度 70%~80% 的人工气候箱中用水稻品种 TN1 幼苗饲养, 羽化 4 d 后的雌成虫用于试验。

试剂及仪器: 5, 5'-二硫双-(2-硝基苯甲酸)(5, 5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid), DTNB)、碘化硫代乙酰胆碱 (acetylthiocholine iodide, ATChI), 美国 Sigma 公司; 其他试剂均为国产分析纯。AL104 电子天平, 瑞士 Mettler Toledo 公司; RXZ 智能人工气候箱, 宁波江南仪器厂; Motic 双目解剖镜, 麦克奥迪实业集团有限公司; UV-4802H 紫外可见分光光度计, 尤尼柯(上海)仪器有限公司; Multiskan Spectrum 全波段酶标仪, 赛默飞世尔科技(中国)有限公司; 96 孔 UV 酶标板, 美国 Corning 公司。

1.2 方法

1.2.1 八角茴香浸提液制备

参照 Rasheed et al. (2018) 方法进行八角茴香浸

提液制备。将八角茴香研磨至粉状,称取4 g粉末至250 mL丝口瓶中,加入40 mL正己烷密封后放入30℃人工气候箱中。不定期取出振荡混匀,90 d后将正己烷浸提液经2层纱布过滤,滤液以8 000 g离心10 min,将上清液定容至40 mL,即得八角茴香正己烷浸提液。用同样方法制备得到八角茴香二氯甲烷浸提液。所得2种浸提液分别命名为八角茴香正己烷浸提液原液、二氯甲烷浸提液原液。

1.2.2 杀虫生物活性及半致死浓度测定

将长势一致的2叶期水稻30株放入200 mL玻璃瓶中,加入少量水稻培养液防止水稻枯萎,水稻培养液参照Yoshida et al.(1976)方法进行配制。2种八角茴香浸提液均设置4个浓度,分别为0.312 5、0.625、1.25、2.5 $\mu\text{L/mL}$,以等量正己烷或二氯甲烷为对照。取0.5 mL八角茴香浸提液均匀喷施在水稻苗上,放入通风橱中通风2 min,待有机溶剂散去后每瓶接入20头白背飞虱雌成虫。用纱布遮盖住瓶口,并用橡皮筋扎紧,防止飞虱逃逸。处理后24、48、72 h观察和统计各处理的白背飞虱状态和死亡虫数,用毛笔翻动没有任何反应为死亡标准,计算死亡率和校正死亡率。根据各浓度的死亡率,通过DPS 18.10软件采用概率值分析法获得回归方程及半致死浓度 LC_{50} 。每个浓度设5个重复。死亡率=死亡虫数/总虫数 $\times 100\%$;校正死亡率=(处理死亡率-对照死亡率)/(1-对照死亡率) $\times 100\%$ 。

1.2.3 AChE活性及半抑制浓度测定

将10头白背飞虱雌成虫置于离心管中,迅速放入液氮中,加入pH 7、0.1 mol/L PBS缓冲液1 mL,冰上研磨匀浆,匀浆液在4℃、10 800 g离心15 min,取上清液即粗酶液,备用。

在酶标板中加入0.5、0.25、0.125、0.062 5、0.031 25 mg/mL的牛血清蛋白10 μL ,以及白背飞虱粗酶液10 μL ,加入PBS缓冲液10 μL 作对照,再加入考马斯亮蓝G-250溶液190 μL ,在595 nm波长下测定吸光度OD值,重复3次。以牛血清蛋白系列浓度为横坐标、测得的OD值为纵坐标制备标准曲线。将样品OD值代入标准曲线,计算酶液蛋白含量。

参照Ellman et al.(1961)方法测定AChE活性,将0.01 mol/L ATChI 20 μL 、0.012 5 mol/L DTNB 144 μL 、粗酶液10 μL (以加入等量的0.1 mol/L PBS作对照)、八角茴香浸提液4 μL ,振荡摇匀后取100 μL 加入石英比色皿中,于紫外分光光度计30℃条件下,以30 s为间隔,在412 nm处记录20 min内的OD值变化。待测八角茴香浸提液的浓度均为0、0.625、

1.25、2.5 $\mu\text{L/mL}$,每个浓度处理至少6个重复,参照常静等(2016)酶活性公式计算AChE活性及抑制率。根据各浓度浸提液处理后测得的抑制率,通过DPS 18.10软件以概率值分析法获得回归方程及抑制中浓度 IC_{50} 。

1.2.4 白背飞虱取食和产卵选择性测定

选择生长状态基本一致的2株水稻,调整2株间距至1 cm左右,用高8 cm、直径4 cm的圆筒玻璃罩将2株水稻套上,筒壁均匀分布48个透气小孔。在茎秆上涂抹浓度为0.25 $\mu\text{L/mL}$ 的八角茴香浸提液50 μL 作处理组,另一个茎秆以等量正己烷或二氯甲烷作对照,通风15 min后,向玻璃罩内接入15头怀卵白背飞虱雌成虫,用海绵将玻璃罩顶端封住。接虫后1、2、4、8、12、24、48 h观察并记录2组处理水稻上的着虫数。48 h后剪下白背飞虱取食部位的水稻茎秆,在双目解剖镜下,统计并记录为害茎秆部位的卵量。每个处理6次重复。

1.2.5 白背飞虱分泌的蜜露量测定

选取生长45 d左右的水稻,在距离水稻茎秆基部1~2 cm处均匀涂抹0.25 $\mu\text{L/mL}$ 八角茴香正己烷和二氯甲烷浸提液50 μL ,对照组涂抹相应的有机溶剂,置通风处15 min待有机溶剂挥发。将大小为4 cm $\times$ 3.5 cm的石蜡薄膜小袋子套于水稻基部1 cm以上位置,每个袋中放入1头经饥饿处理3 h的白背飞虱雌成虫。每个处理重复10次。试验前于万分之一天平称量蜜露袋的质量,24 h后吸出袋中白背飞虱,再次称量蜜露袋的质量,2次称重差值即为蜜露质量。

1.3 数据分析

试验数据采用DPS 18.10软件进行统计分析,2个样本间采用Student's *t*测验法进行差异显著性检验,3个及以上样本之间采用One-Way ANOVA分析,用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 2种八角茴香浸提液处理后白背飞虱的死亡率

2种八角茴香浸提液均对白背飞虱有较强的致死作用,且都与处理浓度、处理时间呈正相关(表1)。八角茴香正己烷浸提液处理24 h时,0.312 5 $\mu\text{L/mL}$ 处理下的白背飞虱校正死亡率为2.22%,随着浓度增加其校正死亡率逐渐增加,浓度2.5 $\mu\text{L/mL}$ 处理下,白背飞虱校正死亡率达88.89%;八角茴香正己烷浸提液处理48 h和72 h时,同样随着浓度增加校正死亡率逐渐增加。

八角茴香二氯甲烷浸提液在24、48和72 h时随

处理浓度增加校正死亡率也增加的趋势(表1)。八角茴香二氯甲烷浸提液处理24 h时,0.312 5 $\mu\text{L/mL}$ 和2.5 $\mu\text{L/mL}$ 处理下白背飞虱校正死亡率分别为19.08%和100.00%,显著高于相同浓度下正己烷浸提液处理组的校正死亡率。结果表明2种八角茴香浸提液对白背飞虱均有杀虫活性且有浓度效应。

表1 2种八角茴香浸提液对白背飞虱的杀虫活性
Table 1 Insecticidal activity of star anise extracts to *Sogatella furcifera*

时间 Time/h	浓度 Concentration/($\mu\text{L/mL}$)	正己烷浸提液校正死亡率 Mortality of n-hexane extract/%	二氯甲烷浸提液校正死亡率 Mortality of dichloromethane extract/%
24	0.312 5	2.22 $\pm$ 2.22 c	19.08 $\pm$ 6.30 c*
	0.625 0	44.44 $\pm$ 5.88 b	47.62 $\pm$ 2.38 bc
	1.250 0	80.00 $\pm$ 3.85 a	73.81 $\pm$ 15.61 b
	2.500 0	88.89 $\pm$ 2.22 a	100.00 $\pm$ 0.00 a*
48	0.312 5	4.44 $\pm$ 2.22 d	30.95 $\pm$ 4.76 c*
	0.625 0	53.33 $\pm$ 3.85 c	52.38 $\pm$ 2.39 bc
	1.250 0	82.22 $\pm$ 4.44 b	78.57 $\pm$ 14.87 b
	2.500 0	95.56 $\pm$ 2.22 a	100.00 $\pm$ 0.00 a
72	0.312 5	8.89 $\pm$ 4.44 d	38.10 $\pm$ 4.76 c*
	0.625 0	62.22 $\pm$ 4.44 c	59.52 $\pm$ 2.39 bc
	1.250 0	86.67 $\pm$ 3.85 b	80.95 $\pm$ 15.61 ab
	2.500 0	100.00 $\pm$ 0.00 a	100.00 $\pm$ 0.00 a

表中数据为平均数 $\pm$ 标准误。不同小写字母表示同时间同种药剂不同浓度之间经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著; *表示同时间不同药剂相同浓度之间经Student's t 测验法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean $\pm$ SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among different concentrations of the same agent at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test. * indicates significant difference among different agents at the same concentration at $P<0.05$ level by Student's t test.

2种八角茴香浸提液的 LC_{50} 均随时间的延长而降低。各时间点同种浸提液处理间的 LC_{50} 均无显著差异(表2)。24、48和72 h,二氯甲烷浸提液 LC_{50} 分别仅为同时点正己烷浸提液 LC_{50} 的80.2%、75.0%和78.0%,说明二氯甲烷浸提液的杀虫效果略优。

将24、48和72 h的2种浸提液毒力的回归方程斜率进行 F 检验,结果分别为24 h($F=0.014, P=0.91$)、48 h($F=0.18, P=0.68$)和72 h($F=4.63, P=0.098$),表明2种浸提液处理的毒力回归方程斜率无差异。

表2 2种八角茴香浸提液不同时间 LC_{50}
Table 2 LC_{50} values of star anise extracts under different exposure durations

处理 Treatment	时间 Time/h	LC_{50} (95%置信区间) LC_{50} (CI_{95}) /($\mu\text{L/mL}$)	卡方值 χ^2	回归方程 Regression equation	拟合优度 R^2 Goodness of fit
正己烷浸提液 N-hexane extract	24	0.81 (0.68–0.95)	7.83	$y=5.30+3.27x$	0.91
	48	0.72 (0.60–0.85)	7.97	$y=5.46+3.23x$	0.91
	72	0.59 (0.48–0.69)	3.11	$y=5.94+4.18x$	0.92
二氯甲烷浸提液 Dichloromethane extract	24	0.65 (0.57–0.78)	3.07	$y=5.57+3.10x$	0.82
	48	0.54 (0.40–0.67)	3.14	$y=5.72+2.71x$	0.80
	72	0.46 (0.31–0.59)	2.84	$y=5.84+2.49x$	0.79

2.2 2种浸提液对白背飞虱AchE活性影响

八角茴香正己烷和二氯甲烷浸提液对白背飞虱的AchE活性均具有抑制作用,且都呈现明显的浓度效应,即AchE抑制率随浸提液浓度的升高而显著增加(表3)。正己烷浸提液的抑制中浓度为1.33 $\mu\text{L/mL}$,是二氯甲烷浸提液抑制中浓度的1.18倍(表4),但两者间无显著差异($F=2.33, P=0.27$)。

2.3 2种浸提液对白背飞虱取食和产卵选择性影响

八角茴香正己烷浸提液和二氯甲烷浸提液都对

白背飞虱有忌避性(图1-A和B);处理4~48 h后,在八角茴香正己烷浸提液处理水稻上取食的白背飞虱数量都明显少于对照,仅为对照着虫数的23.8%~55.6%(图1-A);而八角茴香二氯甲烷浸提液处理水稻上的白背飞虱数量从1 h开始就显著少于对照,仅为对照的32.3%,该趋势持续至12 h(图1-B)。

与对照相比,白背飞虱在八角茴香正己烷和二氯甲烷浸提液处理水稻上的产卵量分别为对照的

31.5% 和 40.2%, 均显著低于对照(图 1-C 和 D)。表 水稻上取食和产卵。
明白背飞虱更倾向于在未经八角茴香浸提液处理的

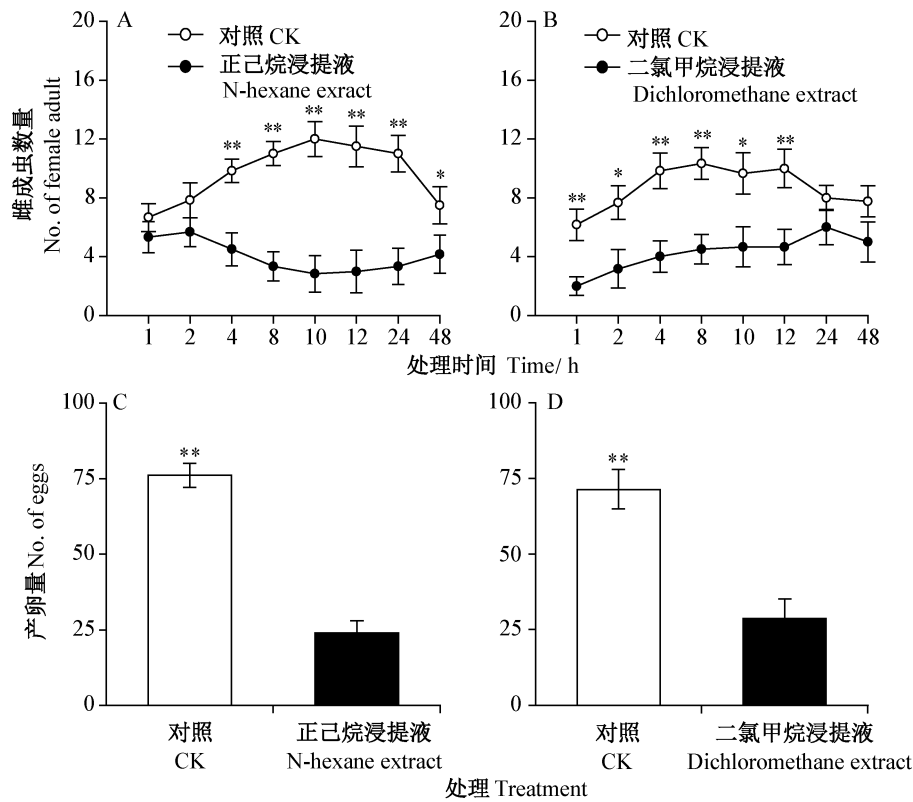
表 3 2 种八角茴香浸提液对白背飞虱 AchE 的抑制率
Table 3 Inhibition rates of AchE in *Sogatella furcifera* with two extracts

浓度 Concentration/($\mu\text{L/mL}$)	正己烷浸提液抑制率 Inhibition rate by n-hexane extract/%	二氯甲烷浸提液抑制率 Inhibition rate by dichloromethane extract/%
0.000	8.00 $\pm$ 5.46 c	4.65 $\pm$ 2.71 d
0.625	31.26 $\pm$ 10.52 b	35.28 $\pm$ 2.77 c
1.250	48.30 $\pm$ 6.44 b	57.14 $\pm$ 5.29 b
2.500	72.46 $\pm$ 1.64 a	76.44 $\pm$ 1.60 a

表中数据为平均数 $\pm$ 标准误。同列不同小写字母表示同种药剂不同浓度处理间经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean $\pm$ SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among different concentrations of the same agent at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

表 4 2 种八角茴香浸提液 AchE 抑制中浓度
Table 4 IC_{50} values of star anise extracts against AchE

处理 Treatment	抑制中浓度(95% 置信区间) $\text{IC}_{50}(\text{CI}_{95})(\mu\text{L/mL})$	卡方值 χ^2	回归方程 Regression equation	拟合优度 R^2 Goodness of fit
正己烷浸提液 N-hexane extract	1.33 (1.12–1.61)	0.75	$y=4.72+2.21x$	0.98
二氯甲烷浸提液 Dichloromethane extract	1.13 (0.88–1.39)	0.24	$y=4.91+1.69x$	0.99



A、B: 八角茴香正己烷、二氯甲烷浸提液对白背飞虱取食行为的影响; C、D: 八角茴香的正己烷、二氯甲烷浸提液对白背飞虱产卵行为的影响。A–B: Effects of N-hexane and dichloromethane extracts on feeding behavior of *S. furcifera*; C–D: effects of N-hexane and dichloromethane extracts on egg-laying behavior of *S. furcifera*.

图 1 八角茴香浸提液对白背飞虱取食和产卵行为的影响

Fig. 1 Effects of star anise extracts on the feeding and ovipositional behavior of *Sogatella furcifera*

表中数据为平均数 $\pm$ 标准误。*和**表示不同处理间经 Student's *t* 测验法检验在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平差异显著。Data are mean $\pm$ SE. * and ** indicate significant differences between different treatments at $P<0.05$ and $P<0.01$ levels by Student's *t* test.

2.4 2种浸提液对白背飞虱分泌蜜露量的影响

取食对照水稻的白背飞虱雌成虫平均蜜露量为1.53 mg,在八角茴香正己烷、二氯甲烷浸提液处理水稻上取食的白背飞虱分泌的蜜露量明显减少,分别仅为对照的59.61%和48.71%,且与对照间均存在显著差异。表明2种浸提液处理均可明显抑制白背飞虱的取食。

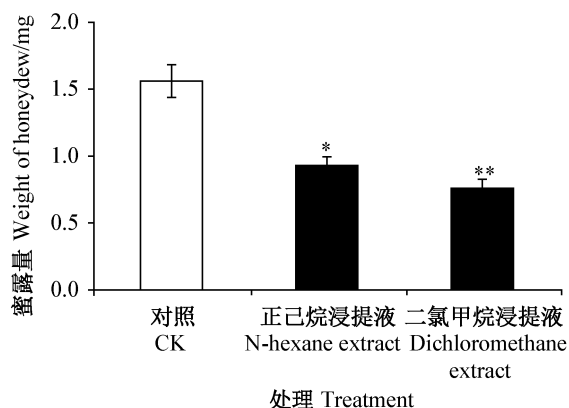


图2 八角茴香浸提液对白背飞虱取食量的影响

Fig. 2 Effects of star anise extracts on the honeydew content of *Sogatella furcifera*

表中数据为平均数±标准误。*和**分别表示处理组和对照组间经 Student's *t* 测验法检验在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平差异显著。Data are mean±SE. * and ** indicate significant difference between different treatments at $P<0.05$ and $P<0.01$ levels, respectively, by Student's *t* test.

3 讨论

目前,通常采用水蒸气蒸馏法、压榨法、超临界萃取等方法从植物中提取杀虫活性物质(常静等,2016),工艺较为复杂,且对硬件设备要求较高。本试验采用有机溶剂直接浸泡的方式获取八角茴香的浸提液,操作简便,无需复杂繁琐的工艺流程,结果表明八角茴香正己烷和二氯甲烷浸提液对白背飞虱均具有杀虫活性,二氯甲烷浸提液的杀虫活性略高于正己烷浸提液,可能来源于两者活性组分含量上的差异,而不是提取的活性组分上的差异。徐汉虹(1996)等报道八角茴香精油在空仓条件下对赤拟谷盗成虫具有强烈的熏蒸毒杀作用,在50 mg/L剂量下,赤拟谷盗成虫24 h内的平均校正死亡率达100%;马喆(2019)试验结果显示,八角茴香石油醚提取物对根结线虫也表现出较高触杀活性,48 h校正死亡率达到80%以上。因此,八角茴香中的杀虫活性可能具有广谱性,对咀嚼式口器害虫和刺吸式口器害虫都具有防治效果。

AChE 是昆虫体内神经传导的重要物质,可以迅速水解兴奋性神经递质乙酰胆碱,从而保持神经突触传导的正常进行。王宇新(2009)发现紫苏精油对玉米象成虫 AChE 活性具有明显的抑制作用;菊科植物精油和椒样薄荷油对致倦库蚊 *Culex quinquefasciatus* 的 AChE 有明显抑制活性,处理后致倦库蚊 AChE 活性分别降低了4.01%和5.92%。本研究发现,八角茴香2种浸提液对白背飞虱 AChE 也都具有强烈抑制效果,AChE 可能是八角茴香浸提液杀虫活性的靶标酶之一。后期需进一步通过色谱等方法分离和鉴定八角茴香2种浸提液有效成分明确其是否作用于 AChE。

综上所述,本研究发现八角茴香提取液对于白背飞虱具有较强的杀虫活性,即使用较低浓度处理水稻,白背飞虱亦有较高的死亡率。本研究结果对刺吸式害虫植物源杀虫剂的筛选和作用机制研究具有重要借鉴意义,筛选高效新型植物源杀虫剂对水稻害虫绿色防控和“减肥减药”等农业生态环境保护具有重要意义。

参考文献 (References)

- Chang J, Zhang W, Li HP, Zhou XR. 2016. Toxicities of four pesticides and effect on acetylcholine esterase activity in *Myzus persicae* on potato. *Agrochemicals*, 55(1): 61–64 (in Chinese) [常静, 张薇, 李海平, 周晓榕. 2016. 4种杀虫剂对马铃薯蚜的毒力及对其乙酰胆碱酯酶活性的影响. *农药*, 55(1): 61–64]
- Chen JM, Yu XP, Ge XC, Lü ZX, Cheng JA, Yan HL, Liu GJ, Zheng XS, Tao LY, Kong LJ. 2000. Some physiological changes of rice plants infested by the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera*. *Chinese Rice Science*, 14(1): 46–50 (in Chinese) [陈建明, 俞晓平, 葛秀春, 吕仲贤, 程家安, 颜红岚, 刘光杰, 郑许松, 陶林勇, 孔令军. 2000. 水稻植株防御白背飞虱为害的某些生理反应. *中国水稻科学*, 14(1): 46–50]
- Devi KC, Devi SS. 2013. Insecticidal and oviposition deterrent properties of some spices against coleopteran beetle, *Sitophilus oryzae*. *Journal of Food Science and Technology*, 50(3): 600–604
- Ellman GL, Courtney KD, Andres V Jr., Featherstone RM. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2): 88–95
- Fang L, Wang YQ, Xu X, Zhou XL, Liu LP. 2017. Study on antibacterial activity and mosquito repelling effect of four kinds of plant essential oils. *Pharmaceutical Biotechnology*, 24(1): 38–42 (in Chinese) [方灵, 王叶青, 徐旭, 周晓玲, 刘丽萍. 2017. 4种植物精油的抑菌性与驱蚊性研究. *药物生物技术*, 24(1): 38–42]
- Han LH. 2018. Development of extraction method and pharmacological research of star anise volatile oil. *Central South Pharmacy*, 16(11): 1594–1597 (in Chinese) [韩林宏. 2018. 八角茴香挥发油提取方法与药理研究进展. *中南药学*, 16(11): 1594–1597]

- He ZX, Lu JP. 2020. Effect of different insecticides on nymph of white-backed planthopper. *Serves of Agricultural Technology*, 37(4): 15–16 (in Chinese) [何忠雪, 陆金鹏. 2020. 不同药剂对水稻白背飞虱若虫的防治效果. *农技服务*, 37(4): 15–16]
- Jia LY, Liu DD, Hou ML. 2020. Effects of silicon amendment to rice on piercing and host selection behaviors of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae). *Acta Entomologica Sinica*, 63(2): 199–206 (in Chinese) [贾路瑶, 刘丹丹, 侯茂林. 2020. 水稻施硅对白背飞虱刺吸和寄主选择行为的影响. *昆虫学报*, 63(2): 199–206]
- Kim J, Jang M, Shin E, Kim J, Lee SH, Park CG. 2016. Fumigant and contact toxicity of 22 wooden essential oils and their major components against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 133: 35–43
- Li YJ, Wang YD, Kong WJ, Yang SH, Luo JY, Yang MH. 2020. *Illicium verum* essential oil, a potential natural fumigant in preservation of lotus seeds from fungal contamination. *Food and Chemical Toxicology*, 141: 111347
- Lou YG, Cheng JA. 2011. Basic research on the outbreak mechanism and sustainable management of rice planthoppers. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 231–238 (in Chinese) [娄永根, 程家安. 2011. 稻飞虱灾变机理及可持续治理的基础研究. *应用昆虫学报*, 48(2): 231–238]
- Lu CY, Shi JH, Li SQ. 2014. Research on fumigation activities of 13 kinds of essential oils and anethole against the adult of *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 29(2): 72–75 (in Chinese) [陆驰宇, 史家浩, 李绍勤. 2014. 13 陆种植物精油和茴香脑对赤拟谷盗成虫熏蒸活性研究. *中国粮油学报*, 29(2): 72–75]
- Ma Z. 2019. Nematocidal activity of 10 different plants extracts against *Meloidogyne incognita*. *China Plant Protection*, 39(6): 22–26 (in Chinese) [马喆. 2019. 10 种植物提取物对南方根结线虫毒杀活性研究. *中国植保导刊*, 39(6): 22–26]
- Polatoğlu K, Karakoç CO, Yücel YY, Gücel S, Demirci B, Demirci F, Başer KHC. 2017. Insecticidal activity of *Salvia veneris* Hedge. essential oil against coleopteran stored product insects and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera). *Industrial Crops and Products*, 97: 93–100
- Rasheed DM, Porzel A, Frolov A, El Seedi HR, Wessjohann LA, Farag MA. 2018. Comparative analysis of *Hibiscus sabdariffa* (roselle) hot and cold extracts in respect to their potential for α -glucosidase inhibition. *Food Chemistry*, 250: 236–244
- Shahriari M, Zibae A, Sahebzadeh N, Shamakhi L. 2018. Effects of α -pinene, trans-anethole, and thymol as the essential oil constituents on antioxidant system and acetylcholine esterase of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 150: 40–47
- Shin EH, Song BG, Lee IH, Park MY, Ahn YJ, Chang KS. 2013. Repellency of cassia bark, eucalyptus, and star anise oils and their major constituents to *Leptotrombidium pallidum* (Acari: Trombiculidae). *Journal of Medical Entomology*, 50(3): 579–584
- Wang JN, Ding BY, Wang L, Wang Z, Zhou GX, Lou YG. 2018. The effects of exogenous castasterone treatment on rice brown planthopper *Nilaparvata lugens* behaviors, with special reference to feeding and ovipositing preferences. *Journal of Plant Protection*, 45(5): 998–1004 (in Chinese) [王佳妮, 丁波英, 王璐, 王喆, 周国鑫, 娄永根. 2018. 外源油菜素甾酮处理水稻对褐飞虱取食和产卵选择性等行为的影响. *植物保护学报*, 45(5): 998–1004]
- Wang L, Tang N, Gao XL, Chang ZX, Zhang LQ, Zhou GH, Guo DY, Zeng Z, Li WJ, Akinyemi IA. 2017. Genome sequence of a rice pest, the white-backed planthopper (*Sogatella furcifera*). *GigaScience*, 6(1): 1–9
- Wang YX. 2009. Effect succulent oil on biological activity and enzyme vitality of corn elephant insects. Master thesis. Changchun: Northeast Normal University (in Chinese) [王宇新. 2009. 紫苏精油对玉米象成虫的生物活性及酶活力的影响. 硕士学位论文. 长春: 东北师范大学]
- Xu HH, Zhao SH, Zhou J, Ding JK, Yu XJ. 1996. Study on the insecticidal activity and chemical composition of octagonal fennel essential oil. *Journal of Plant Protection*, 23(4): 338–342 (in Chinese) [徐汉虹, 赵善欢, 周俊, 丁靖垠, 喻学俭. 1996. 八角茴香精油的杀虫活性与化学成分研究. *植物保护学报*, 23(4): 338–342]
- Yoshida S, Forno DA, Cock JH, Gomez KA. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. Manila, Philippines: International Rice Research Institute, pp. 61–64
- Zhang X, Ma ZQ, Feng JT, Wu H, Han LR. 2015. Advances in studies on botanical pesticides. *Chinese Journal of Biological Control*, 31(5): 685–698 (in Chinese) [张兴, 马志卿, 冯俊涛, 吴华, 韩立荣. 2015. 植物源农药研究进展. *中国生物防治学报*, 31(5): 685–698]
- Zhou BG, Wang S, Dou TT, Liu S, Li MY, Hua RM, Li SG, Lin HF. 2016. Aphicidal activity of *Illicium verum* fruit extracts and their effects on the acetylcholinesterase and glutathione *S*-transferases activities in *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Insect Science*, 16(1): 11

(责任编辑:王 璇)