

张 春, 王国伟, 杨东海, 等. 15 种入侵植物提取物及其主成分对黑腹果蝇的驱避和熏杀作用[J]. 江苏农业学报, 2025, 41(8):1484-1489.

doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2025.08.004

15 种入侵植物提取物及其主成分对黑腹果蝇的驱避和熏杀作用

张 春¹, 王国伟¹, 杨东海¹, 李婉琪¹, 徐芳玲^{1,2}

(1. 贵州大学林学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学生物多样性与自然保护研究中心, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 为资源化利用入侵植物, 本研究对 15 种入侵植物提取物及其主成分对黑腹果蝇的驱避和熏杀作用进行探究。结果表明, 欧洲千里光提取物对黑腹果蝇的驱避作用最好, 驱避率为 52.36%; 其次为野苘蒿提取物, 驱避率为 47.98%。欧洲千里光、野苘蒿和喀西茄提取物对黑腹果蝇熏杀作用较强, 在这 3 种植物提取物的作用下, 黑腹果蝇的校正死亡率分别为 74.67%、69.33% 和 62.67%。野苘蒿提取物中的亚麻酸对黑腹果蝇的驱避效果较好, 当含量为 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时, 亚麻酸对黑腹果蝇的驱避率达到 59.46%。喀西茄提取物中的二异丁基酮对黑腹果蝇的熏杀效果较好, 在 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 二异丁基酮作用下, 黑腹果蝇的校正死亡率最高, 为 85.11%。欧洲千里光、野苘蒿和喀西茄可作为防治黑腹果蝇的植物源农药。本研究为入侵植物资源化利用及果蝇绿色防控提供了理论依据。

关键词: 黑腹果蝇; 入侵植物; 驱避作用; 熏杀作用

中图分类号: S763.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2025)08-1484-06

Repellent and fumigant effects of extracts from 15 invasive plants and their main components on *Drosophila melanogaster*

ZHANG Chun¹, WANG Guowei¹, YANG Donghai¹, LI Wanqi¹, XU Fangling^{1,2}

(1. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Research Center for Biodiversity and Nature Conservation, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: For the purpose of the resource utilization of invasive plants, this study explored the repellent and fumigant effects of extracts from 15 invasive plants and their main components on *Drosophila melanogaster*. The results showed that the extract of *Senecio vulgaris* had the best repellent effect on *Drosophila melanogaster*, with a repellency rate of 52.36%; followed by the extract of *Crassocephalum crepidioides*, with a repellency rate of 47.98%. The extracts of *Senecio vulgaris*, *Crassocephalum crepidioides* and *Solanum aculeatissimum* had relatively strong fumigant effects on *Drosophila melanogaster*. Under the action of the extracts from these three plants, the corrected mortality rates of *Drosophila melanogaster* were 74.67%, 69.33% and 62.67%, respectively. Linolenic acid in the extract of *Crassocephalum crepidioides* had a relatively good repellent effect on *Drosophila melanogaster*. When the content was 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$, the repellency rate of linolenic acid to *Drosophila melanogaster* reached 59.46%. Diisobutyl ketone in the extract of *Solanum aculeatissimum* had a relatively good fumigant effect on *Drosophila melanogaster*. Under the action of 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ diisobutyl ketone, the corrected mortality rate of *Drosophila melanogaster* was the highest, reaching 85.11%. *Senecio vulgaris*, *Crassocephalum crepidioides* and *Solanum aculeatissimum* can be used as botanical pesticides for the control of *Drosophila melanogaster*. This study provides a theoretical basis for the resource utilization of invasive plants and the green prevention and control of fruit flies.

收稿日期: 2024-11-24

基金项目: 贵州省林业科研项目[黔林科合(2021)15号]

作者简介: 张 春(1995-), 男, 贵州纳雍人, 硕士研究生, 主要从事森林昆虫害虫防治研究。(E-mail) 2362236732@qq.com

通讯作者: 徐芳玲, (E-mail) fc.flxu@163.com

Key words: *Drosophila melanogaster*; invasive plants; repellent effect; fumigation effect

入侵植物是指通过自然或人为因素从原产地传播到新生境,经引种、归化、潜伏、爆发等过程建立可繁殖种群的外来植物^[1-2]。这类植物不仅威胁当地生物多样性,还会破坏生态系统平衡并影响人类健康^[3]。据统计,1970–2017年,中国因入侵植物造成的经济损失高达 $2.083\ 1\times 10^{10}$ 美元。全球范围内,凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)造成的经济损失最严重^[4];白花鬼针草(*Bidens alba*)通过改变植物群落结构导致物种丰富度显著降低^[5];薇甘菊(*Mikania micrantha*)因其攀援特性严重影响寄主植物的光合作用^[6];加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*)、紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)等菊科植物产生的花粉易引发过敏反应^[7]。探索入侵植物资源化利用途径具有重要意义。

黑腹果蝇(*Drosophila melanogaster*)是双翅目(Diptera)果蝇科(Drosophilidae)的水果害虫^[8]。化学防治会使昆虫产生抗药性,并且易造成环境污染^[9]。而植物源农药对环境友好,昆虫不易对植物源农药产生抗药性^[10-11]。植物源农药驱避、拒食和杀虫等生物活性已得到广泛验证,其在害虫防治中被广泛应用^[12-14]。如蓖麻(*Ricinus communis*)对甜菜夜蛾幼虫(*Spodoptera exigua*)表现出显著的致死效果^[15]。本研究拟选取15种入侵植物,提取其主要活性成分,系统评价这些活性成分对黑腹果蝇的驱避和熏杀作用,以期为入侵植物资源化利用及果蝇绿色防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试果蝇 黑腹果蝇于6–7月采自贵州省麻江县白竹林有机蓝莓基地(107.723 217° E, 26.424 820° N),在实验室条件下采用玉米粉培养基进行扩繁培养。培养条件:温度(26 ± 1) °C,相对湿度70%,光照周期12 h(黑暗)/12 h(光照)。

1.1.2 植物样品 采集分布于贵阳市的15种入侵植物,分别为野苘蒿(*Crassocephalum crepidioides*)、欧洲千里光(*Senecio vulgaris*)、圆叶牵牛(*Ipomoea purpurea*)、双荚决明(*Senna bicapsularis*)、红车轴草(*Trifolium pratense*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、喀西茄(*Solanum aculeatissimum*)、粗毛牛膝菊(*Galini-*

soga quadriradiata)、钻叶紫菀(*Symphytotrichum subulatum*)、一年蓬(*Erigeron annuus*)、紫茉莉(*Mirabilis jalapa*)、喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*)、粉花月见草(*Oenothera rosea*)、垂序商陆(*Phytolacca americana*)。

1.2 试验方法

1.2.1 植物活性成分提取 将野外采集的入侵植物置于60 °C烘箱中烘干至恒重,经粉碎机研磨后过40目筛。采用索氏提取法^[16]进行提取,植物粉末和无水乙醇(95%)按照体积比1:30混合,在85 °C条件下加热6 h。提取液用旋转蒸发仪(60 °C)和真空抽气泵蒸馏浓缩至溶剂完全挥发,得到浸膏状或油状提取物。将提取物稀释至25 mg/mL,于4 °C冰箱保存备用。

1.2.2 黑腹果蝇对15种入侵植物提取物的行为反应 采用Y形嗅觉仪测定^[17]黑腹果蝇对15种入侵植物提取物的行为反应。试验装置依次连接大气采集仪、活性炭干燥塔、加湿器瓶、味源瓶、Y形管,各部位通过硅胶管连接。以无水乙醇(95%)作为对照。试验前,调节大气采集仪,气流为15 mL/min,预通气10 min。取0.01 mL植物提取物滴加于滤纸条(3.5 cm×5.0 cm)上,置于Y形管一侧的味源瓶中;取0.01 mL无水乙醇(95%)滴加于滤纸条(3.5 cm×5.0 cm)上,置于Y形管另一侧的味源瓶中,作为对照。用纱布包裹Y形管两臂,放入30头黑腹果蝇成虫(雌雄比为1:1),用黑箱覆盖Y形管。待5 min后,果蝇在Y形管两臂的分布稳定,记录Y形管两臂的果蝇数量。记录后更换滤纸,并调换Y形管两臂位置,重复以上步骤并记录数据。每种植物提取物处理设3个重复。试验结束后用无水乙醇清洗Y形管并烘干。

选择反应率=对照臂虫数/(对照臂虫数+处理臂虫数)×100%,驱避率=(对照臂虫数-处理臂虫数)/(对照臂虫数+处理臂虫数)×100%。

1.2.3 15种入侵植物提取物对黑腹果蝇的熏杀作用 将滴有0.01 mL植物提取物的滤纸条悬挂于锥形瓶中部,放入30头黑腹果蝇成虫(雌雄比为1:1),并用透气封口膜封口,放入果蝇培养箱中熏蒸12 h^[18]。每种植物提取物处理设3个重复。另用

0.01 mL 无水乙醇(95%)熏蒸作为对照。以果蝇被击倒且 10 min 内无活动为死亡标准。

死亡率=死亡虫数/处理总虫数×100%,校正死亡率=(处理死亡率-对照死亡率)/(1-对照死亡率)×100%。

1.2.4 15 种入侵植物提取物化学成分测定 利用气相色谱-质谱联用仪(型号 Agilent 7890B-5977B, 美国安捷伦公司产品)对植物提取物进行化学成分分析。色谱条件:HP-5 石英毛细管柱(30.00 m×0.32 mm×0.25 μm);氦气载气(纯度≥99.999%);流速 1 mL/min;分流比 50:1;程序升温:初始 58 ℃保持 2 min,以 3 ℃/min 升至 180 ℃,再以 10 ℃/min 升至 310 ℃保持 5 min,总运行时间 56 min。质谱条件:离子源温度 230 ℃;质量扫描范围 29~500 amu;电子轰击电离源(EI),电压 70 eV。通过 NIST17 数据库比对质谱特征峰(匹配度≥95%),采用峰面积归一化法计算入侵植物提取物各成分的相对含量。

1.2.5 化合物对黑腹果蝇的驱避和熏杀作用 利用气相色谱-质谱联用仪筛选出相对含量较高且在溶剂(含 2%蔗糖和 5%吐温 80 的水溶液)中溶解度较高的 5 种化合物,将其与吐温 80 按照 1:1 体积比混合,用 2%蔗糖溶液稀释,配制成 4 mL 母液,再用含 2%蔗糖和 5%吐温 80 的水溶液稀释成 50.0 μL/mL、25.0 μL/mL、12.5 μL/mL。以含 2%蔗糖和 5%吐温 80 的水溶液作为对照。趋避试验方法同 1.2.2;熏杀试验方法同 1.2.3。采用 50 头黑腹果蝇成虫(雌雄比为 1:1)进行试验。

1.3 数据分析

采用 SPSS 26 进行单因素方差分析和多重比较,采用 Excel 2016 和 Origin 2018 进行数据统计和图表制作。

2 结果与分析

2.1 15 种入侵植物提取物对黑腹果蝇的驱避作用

如表 1 所示,欧洲千里光对黑腹果蝇的驱避效果最好,驱避率为 52.36%;其次为野茼蒿,驱避率为 47.98%。结合选择反应率可以看出,野茼蒿和欧洲千里光对黑腹果蝇的吸引力较低。

2.2 15 种入侵植物提取物对黑腹果蝇的熏杀作用

如表 2 所示,15 种入侵植物提取物对黑腹果蝇均表现出熏杀活性。欧洲千里光、野茼蒿和喀西茄提取物对黑腹果蝇熏杀效果较强,在这 3 种植物提

取物的作用下,黑腹果蝇的校正死亡率分别为 74.67%、69.33%和 62.67%。

表 1 15 种入侵植物提取物对黑腹果蝇的驱避效果

Table 1 The repellent effects of extracts from 15 invasive plants on *Drosophila melanogaster*

植物种类	驱避率 (%)	选择反应率 (%)
野茼蒿(<i>Crassocephalum crepidioides</i>)	47.98±4.47ab	26.01±2.23de
欧洲千里光(<i>Senecio vulgaris</i>)	52.36±8.83a	23.82±4.41e
圆叶牵牛(<i>Ipomoea purpurea</i>)	38.63±7.58abc	30.69±3.79cde
双荚决明(<i>Senna bicapsularis</i>)	34.21±5.46abc	32.89±2.73cde
红车轴草(<i>Trifolium pratense</i>)	30.35±5.61bc	34.83±2.81cd
刺槐(<i>Robinia pseudoacacia</i>)	38.01±8.13abc	30.99±4.06cde
喀西茄(<i>Solanum aculeatissimum</i>)	10.97±1.34d	44.52±0.67b
粗毛牛膝菊(<i>Galinsoga quadriradiata</i>)	22.49±4.03cd	38.76±2.02bc
钻叶紫菀(<i>Symphytichum subulatum</i>)	24.04±3.52cd	37.98±1.76bc
一年蓬(<i>Erigeron annuus</i>)	-35.29±10.27e	67.65±5.13a
紫茉莉(<i>Mirabilis jalapa</i>)	25.61±5.10cd	37.20±2.55bc
喜旱莲子草(<i>Alternanthera philoxeroides</i>)	28.06±6.68cd	35.97±3.34bc
加拿大一枝黄花(<i>Solidago canadensis</i>)	-49.42±8.03e	74.71±4.02a
粉花月见草(<i>Oenothera rosea</i>)	-33.21±7.98e	66.60±4.00a
垂序商陆(<i>Phytolacca americana</i>)	24.13±6.58cd	37.94±3.29bc

同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 2 15 种入侵植物提取物对黑腹果蝇的熏杀作用

Table 2 The fumigant effects of extracts from 15 invasive plants on *Drosophila melanogaster*

植物种类	校正死亡率 (%)
一年蓬(<i>Erigeron annuus</i>)	22.67±3.53cd
加拿大一枝黄花(<i>Solidago canadensis</i>)	26.67±4.81c
钻叶紫菀(<i>Symphytichum subulatum</i>)	20.00±4.62cd
粉花月见草(<i>Oenothera rosea</i>)	29.33±1.33c
欧洲千里光(<i>Senecio vulgaris</i>)	74.67±4.81a
野茼蒿(<i>Crassocephalum crepidioides</i>)	69.33±14.11ab
粗毛牛膝菊(<i>Galinsoga quadriradiata</i>)	28.00±9.24c
紫茉莉(<i>Mirabilis jalapa</i>)	33.33±4.81c
喜旱莲子草(<i>Alternanthera philoxeroides</i>)	32.00±2.31c
刺槐(<i>Robinia pseudoacacia</i>)	8.00±2.31d
喀西茄(<i>Solanum aculeatissimum</i>)	62.67±3.53ab
圆叶牵牛(<i>Ipomoea purpurea</i>)	57.33±4.81b
双荚决明(<i>Senna bicapsularis</i>)	57.33±5.81b
垂序商陆(<i>Phytolacca americana</i>)	8.00±4.00d
红车轴草(<i>Trifolium pratense</i>)	54.67±5.81b

同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 4 种入侵植物提取物的成分分析

基于驱避试验和熏杀试验结果,选取欧洲千里光、野茼蒿、圆叶牵牛和喀西茄提取物进行气相色谱-质谱联用分析。如表 3 所示,从欧洲千里光、野茼蒿、圆叶牵牛、喀西茄提取物中分别检测出 18 种、14 种、12 种、10 种化合物,其中脂肪酸类化合物的

相对含量最高。欧洲千里光、野茼蒿、圆叶牵牛、喀西茄提取物中脂肪酸类化合物的相对含量分别为 40.03%、43.53%、44.73%、34.69%。喀西茄提取物中含有 6 类化合物,提取物中均含有 4 类化合物。相较于野茼蒿、欧洲千里光和圆叶牵牛,喀西茄特含酮类化合物二异丁基酮。

表 3 4 种植物提取物的成分分析

Table 3 Composition analysis of extracts from four plants

序号	化合物名称	化合物类别	EZ	YT	YQ	KX
1	α -愈创木烯	萜类	0.08	-	-	-
2	古巴烯	萜类	0.24	-	-	-
3	1-石竹烯	萜类	0.11	-	-	-
4	β -石竹烯	萜类	0.22	0.40	0.49	-
5	α -姜黄烯	萜类	0.12	-	-	-
6	α -依兰油烯	萜类	0.14	-	-	-
7	Δ -杜松烯	萜类	0.08	0.09	-	-
8	十四酸	脂肪酸类	0.32	-	-	-
9	反式-2-菲烯	萜类	0.08	-	-	-
10	乙酸植基酯	酯类	7.63	-	-	-
11	软脂酸	脂肪酸类	7.75	11.51	13.85	-
12	硬脂酸	脂肪酸类	2.40	-	9.73	3.78
13	亚油酸	脂肪酸类	29.56	24.34	21.15	30.21
14	十八烷	烃类	0.46	0.26	-	-
15	二十五烷	烃类	0.43	-	-	-
16	二十七烷	烃类	0.23	0.24	-	-
18	二十二烷	烃类	-	-	0.38	-
19	二十四烷	烃类	-	-	0.21	-
20	二十烷	烃类	-	-	0.25	-
21	反式角鲨烯	萜类	0.33	1.87	1.04	0.49
22	3,5-Cyclostigmasta-6,22-diene, (3 β ,5S,22E)-	烃类	3.08	3.14	-	-
23	亚麻酸	脂肪酸类	-	7.68	-	-
24	邻苯二甲酸-1-丁酯-2-异丁酯	酯类	-	0.34	-	-
25	3,7,11,15-四甲基-2-十六碳烯	萜类	-	0.12	-	-
26	香树烯	萜类	-	0.15	-	-
27	大根香叶烯	萜类	-	0.15	0.40	-
28	(-)- α -萜澄茄油烯	萜类	-	0.25	-	-
29	萜澄茄油烯	萜类	-	-	0.22	-
30	(22Z)-Stigmasta-5,22-diene-3 β -ol acetate	酯类	-	-	1.18	-
31	无羁萜	萜类	-	-	0.70	-
32	棕榈油酸	脂肪酸类	-	-	-	0.51
33	亚油酸乙酯	酯类	-	-	-	1.44
34	(R)-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol	醇类	-	-	-	1.37
35	二十酸	脂肪酸类	-	-	-	0.19
36	二异丁基酮	酮类	-	-	-	8.04
37	桃醛	醛类	-	-	-	4.08
38	维生素 E	萜类	-	-	-	2.50

EZ:欧洲千里光(*Senecio vulgaris*);YT:野茼蒿(*Crassocephalum crepidioides*);YQ:圆叶牵牛(*Ipomoea purpurea*);KX:喀西茄(*Solanum aculeatissimum*)。“-”表示不含该化合物。

2.4 5 种化合物对黑腹果蝇的驱避作用

筛选出相对含量和在溶剂中溶解度较高的 5 种化合物(乙酸植基酯、桃醛、二异丁基酮、亚麻酸、亚油酸),测试其对黑腹果蝇的驱避效果。如表 4 所示,随着含量的升高,5 种化合物对黑腹果蝇的驱避率逐渐增加。其中,亚麻酸对黑腹果蝇的驱避率较高,当浓度为 12.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时,亚麻酸对黑腹果蝇的驱避率显著高于乙酸植基酯和桃醛($P < 0.05$);当含量为 25.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时,亚麻酸对黑腹果蝇的驱避率显著高于二异丁基酮和桃醛($P < 0.05$)。当含量为 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时,乙酸植基酯、桃醛、二异丁基酮、亚麻酸、亚油酸对黑腹果蝇的驱避率均较好,其中亚麻酸对黑腹果蝇的驱避率达到 59.46%。

表 4 5 种主成分化合物对黑腹果蝇的驱避作用

Table 4 The repellent effects of five main component compounds on *Drosophila melanogaster*

含量 ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	化合物	驱避率 (%)	选择反应率 (%)
12.5	乙酸植基酯	28.00 \pm 6.29c	36.00 \pm 3.14a
	桃醛	32.25 \pm 4.32bc	33.87 \pm 2.15ab
	二异丁基酮	34.65 \pm 6.13abc	32.68 \pm 3.06abc
	亚麻酸	47.96 \pm 3.97a	26.02 \pm 1.20c
	亚油酸	44.95 \pm 1.97ab	27.53 \pm 0.99bc
25.0	乙酸植基酯	53.39 \pm 3.86ab	23.30 \pm 1.93bc
	桃醛	35.51 \pm 3.57c	32.25 \pm 1.79a
	二异丁基酮	42.60 \pm 5.09bc	28.70 \pm 2.54ab
	亚麻酸	56.98 \pm 5.19a	21.51 \pm 2.59c
	亚油酸	45.52 \pm 2.92abc	27.24 \pm 1.46abc
50.0	乙酸植基酯	58.66 \pm 3.16a	20.67 \pm 1.58a
	桃醛	44.96 \pm 4.34a	27.52 \pm 2.17a
	二异丁基酮	48.00 \pm 5.58a	26.00 \pm 2.79a
	亚麻酸	59.46 \pm 4.51a	20.27 \pm 2.25a
	亚油酸	54.43 \pm 7.05a	22.79 \pm 3.53a

同一含量数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.5 5 种化合物对黑腹果蝇的熏杀作用

如表 5 所示,5 种化合物对黑腹果蝇均有熏杀作用。其中,二异丁基酮的熏杀效果最为显著,其对黑腹果蝇的致死性最强。在 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 、25.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 和 12.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 的二异丁基酮作用下,黑腹果蝇的校正死亡率分别为 85.11%、72.34% 和 63.83%。乙酸植基酯的熏杀效果次之,在 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 、25.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 和 12.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 的乙酸植基酯作用下,黑腹果蝇的校正死亡率分别为 62.41%、57.45% 和 53.19%。在 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 、25.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 和 12.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 的桃醛、亚

麻酸、亚油酸作用下,黑腹果蝇的校正死亡率均低于 60.00%,其中亚麻酸对黑腹果蝇的熏杀效果最弱。

表 5 5 种主成分化合物对黑腹果蝇的熏杀作用

Table 5 The fumigation effects of five principal component compounds on *Drosophila melanogaster*

化合物	校正死亡率 (%)		
	50.0($\mu\text{L}/\text{mL}$)	25.0($\mu\text{L}/\text{mL}$)	12.5($\mu\text{L}/\text{mL}$)
二异丁基酮	85.11 \pm 4.43a	72.34 \pm 1.23a	63.83 \pm 1.23a
乙酸植基酯	62.41 \pm 1.42b	57.45 \pm 1.23b	53.19 \pm 0.00b
桃醛	53.19 \pm 3.25c	46.10 \pm 1.42c	42.55 \pm 0.00c
亚麻酸	9.93 \pm 0.71d	7.09 \pm 0.71e	4.96 \pm 0.71e
亚油酸	51.06 \pm 1.23c	42.55 \pm 0.00d	39.72 \pm 0.71d

同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

虽然已有较多关于植物提取物杀虫和驱虫的研究,但关于入侵植物提取物及其主成分化合物在害虫防治方面的研究较少^[19]。薇甘菊(*Mikania micrantha*)叶片甲醇提取物对双额岩小粪蝇(*Bifronsina bifrons*)成虫 20 min 驱避率达到最高^[20];紫茎泽兰提取物涂抹剂量为 1.5 mg/cm^2 时,对白纹伊蚊(*Aedes albopictus*)成虫的驱避效果最好^[21];阿拉伯婆婆纳(*Veronica persica*)对绿豆象(*Callosobruchus chinensis*)具有较好的熏杀作用^[14];藿香蓟(*Ageratum conyzoides*)提取物对小贯小绿叶蝉(*Empoasca onukii*)具有较好的熏杀和驱避作用,当含量为 5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时,其对小贯小绿叶蝉的致死率达到 100%;含量为 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时,其对小贯小绿叶蝉的驱避率超过 70%^[22];草木犀(*Melilotus officinalis*)提取物对小菜蛾(*Plutella xylostella*)也表现出熏杀作用^[23]。本研究结果表明,欧洲千里光提取物对黑腹果蝇的驱避作用最好,驱避率为 52.36%;其次为野苘蒿提取物,驱避率为 47.98%。欧洲千里光、野苘蒿和喀西茄提取物对黑腹果蝇熏杀作用较强,在这 3 种植物提取物的作用下,黑腹果蝇的校正死亡率分别为 74.67%、69.33% 和 62.67%。

在成分分析方面,Li 等^[24]发现,浙江产加拿大一枝黄花提取物主要成分为大香叶烯 D、乙酰龙脑、D-柠檬烯,而广西产加拿大一枝黄花提取物主要成分为大香叶烯 D、左旋乙酸龙脑酯和石竹烯^[25]。刘青等^[26]发现,野苘蒿的主成分为 β -月桂烯和香桉烯,与本研究结果不同,这可能与提取方法、采集时间和地

点等因素有关。在化合物活性方面,研究人员发现,*D*-柠檬烯对黑腹果蝇具有驱避作用^[27];桃醛等 24 种化合物对德国小蠊(*Blattella germanica*)具有驱避作用^[28];柠檬烯对玉米象(*Sitophilus Zeamais*)具有熏杀作用^[29];苯甲酸苄酯、香茅油、桃醛、甲位己基桂醛对白纹伊蚊具有熏杀作用^[30]。本研究结果表明,当含量为 12.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时,亚麻酸的驱避率显著高于乙酰植基酯和桃醛($P < 0.05$);当含量为 25.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时,亚麻酸的驱避率显著高于二异丁基酮和桃醛($P < 0.05$);当含量为 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时,亚麻酸对黑腹果蝇的驱避率达到 59.46%。在 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 二异丁基酮作用下,黑腹果蝇的校正死亡率最高,为 85.11%。

综上所述,野茼蒿提取物中的亚麻酸对黑腹果蝇的驱避效果较好,喀西茄提取物中的二异丁基酮对黑腹果蝇的熏杀效果较好,这 2 种植物可作为防治黑腹果蝇的植物源农药。未来可重点探索化合物复配对黑腹果蝇的驱避和熏杀作用,开发新型植物源驱避剂和杀虫剂。

参考文献:

- [1] 康文佳,李鑫宇,资惠宇,等.广州市主要河流中 22 座未开发江心岛上的入侵植物种类及其分布特征[J].湿地科学,2023,21(5):699-707.
- [2] 周威威,程丹丹.湖北省外来入侵植物初步调查[J].生物安全学报,2023,32(3):243-249.
- [3] 陈宝雄,孙玉芳,韩智华,等.我国外来入侵生物防控现状、问题和对策[J].生物安全学报,2020,29(3):157-163.
- [4] 赵光华,高明龙,王 朵,等.全球入侵植物的经济成本评估[J].草业学报,2024,33(5):16-24.
- [5] 王小飞,王 涛,王 琦,等.白花鬼针草入侵对植物群落结构及物种多样性的影响[J].生物安全学报,2023,32(4):384-392.
- [6] 韦春强,潘玉梅,唐赛春,等.入侵植物藏甘菊入侵广西壮族自 治区的风险评估[J].杂草科学,2015,33(1):32-37.
- [7] 杨韶松,郑凤萍,申时才,等.加拿大一枝黄花在云南省的入侵 现状及防控策略[J].中国农学通报,2022,38(35):83-89.
- [8] 张 璇,毕亚鑫,方 琦,等.两种果蝇对不同成熟期草莓果实 及其挥发物的趋性行为分析[J].中国生物防治学报,2023,39 (4):813-823.
- [9] 金梦娇,范银君,滕子文,等.桔小实蝇的化学防治措施及抗药 性治理[J].农药,2021,60(1):1-5.
- [10] 叶 莹.具有农药活性的天然产品的现状和未来[J].世界农 药,2019,41(4):1-16.
- [11] FERREIRA E, FACA E, DE SOUZA S, et al. Antifeeding and o- viposition deterrent effect of *Ludwigia* spp. (Onagraceae) against *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae)[J]. Plants (Basel), 2022,11(19):2656.
- [12] 王德艳,张大才,胡世俊,等.6 种入侵植物提取物对烟蚜的杀 虫活性[J].江苏农业学报,2018,34(1):234-237.
- [13] 罗雨薇,谭亚婷,刘 洋,等.4 种菊科入侵植物提取物的抑菌 活性研究[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2023,40 (6):129-135.
- [14] 钟茂程,管杨洋,杨燕红,等.入侵植物提取物的杀虫活性分析 与安全评价[J].丽水学院学报,2018,40(2):48-53.
- [15] 万年峰,陈晓勤,季香云,等.当归和蓖麻乙醇提取液对甜菜夜 蛾生长发育和繁殖的亚致死效应[J].中国生态农业学报, 2013,21(9):1135-1141.
- [16] 李国明,李守岭,张丽萍,等.两种提取方法对辣木叶挥发油化 学成分及抗氧化活性的影响研究[J].天然产物研究与开发, 2019,31(10):1719-1730.
- [17] 龚碧涯,刘 慧,向 敏,等.柑橘大实蝇成虫对 9 种植物提取 物的嗅觉反应[J].植物保护,2020,46(4):149-154.
- [18] 杨德军,华昌培,胡仕林,等.柑桔属植物精油对仓库害虫的毒 性试验[J].粮食储藏,1989(5):7-13.
- [19] 杨蕊蕊,廖艳凤,赵鹏飞,等.植物源农药及其开发利用研究进 展[J].南方农业,2022,16(11):33-36.
- [20] 欧剑峰.藏甘菊活性化学成分对双额岩小粪蝇驱避作用研究 [D].广州:华南农业大学,2018.
- [21] 胡 烨,梁 琴,苏剑锋,等.四种植物提取物对白纹伊蚊(*Ae- des albopictus*)驱避作用研究[J].乐山师范学院学报,2022,37 (8):29-34.
- [22] 王奇志,刘育梅,李书明.入侵植物胜红蓟精油对小贯小绿叶 蝉的忌避和熏蒸活性研究[J].茶叶科学,2017,37(5):442- 448.
- [23] 黄守敏,胡向奇.4 种植物粗提物对粘虫及小菜蛾的毒力作用 [J].绵阳师范学院学报,2020,39(5):60-63.
- [24] LI D, PAN S L, ZHU X Y, et al. Anticancer activity and chemical composition of leaf essential oil from *Solidago canadensis* L. in Chi- na[J]. Advanced Materials Research, 2012,347:1584-1589.
- [25] 邓业成,李瑞钰,杨林林,等.加拿大一枝黄花和南美螞蛄菊精 油的杀虫活性及化学成分[J].广西师范大学学报(自然科学 版),2014,32(2):122-129.
- [26] 刘 青,肖俊伟,危 英,等.野茼蒿挥发油化学成分和生物活 性研究[J].贵州中医药大学学报,2020,42(1):40-44.
- [27] 陈颖睿,文光忠,徐芳玲.10 种植物精油单组分化合物及其混 配对蓝莓黑腹果蝇的驱避效果[J].植物保护,2022,48(2): 242-246.
- [28] 吉玉洁,江定心.24 种植物精油对德国小蠊的驱避活性[J]. 天津农业科学,2024,30(7):73-78.
- [29] 杨二妹,贾 浩,周晨霞,等.5 种植物精油对玉米象的杀虫活 性研究[J].中国粮油学报,2021,36(8):66-73.
- [30] 柯伟政,贾静琦,刘 恒,等.18 种植物精油对白纹伊蚊的熏蒸 及驱避活性[J].农药,2017,56(9):696-698.

(责任编辑:成纾寒)