

朱秀苗, 陈梅楠, 马成立, 等. 苍耳不同溶剂提取物对棉铃虫的生物活性[J]. 山西农业科学, 2025, 53(1): 144–150.

ZHU X M, CHEN M N, MA C L, et al. Biological activity of different solvent extracts from *Xanthium sibiricum* on cotton bollworm[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(1): 144–150.

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2025.01.16

苍耳不同溶剂提取物对棉铃虫的生物活性

朱秀苗¹, 陈梅楠², 马成立², 刘 青³, 韩明彬⁴

(1. 新泰市现代农业发展服务中心, 山东 新泰 271200; 2. 泰安市农业技术推广中心, 山东 泰安 271000;

3. 泰安市岱岳区农业技术推广中心, 山东 泰安 271000; 4. 新泰市汶南镇人民政府, 山东 新泰 271229)

摘 要: 棉铃虫是一种高度适应性害虫, 它通过啃食花生叶片和钻蛀花蕾影响叶片光合作用和结实, 导致花生产量大幅下降, 可使花生减产 20%~50%, 甚至导致花生绝收。为减少花生田化学农药使用量, 保护生态环境, 以苍耳为材料, 通过喷雾法和浸叶法研究苍耳不同溶剂甲醇、氯仿、乙酸乙酯提取物对棉铃虫幼虫的杀虫活性。结果发现, 苍耳不同溶剂提取物对棉铃虫 3 龄幼虫均有触杀、拒食、胃毒和生长抑制作用, 提取物浓度越高, 效果越明显, 其中氯仿提取物作用效果好于甲醇提取物和乙酸乙酯提取物。表明苍耳活性成分在不同溶剂中的溶解度存在差异, 从而影响其对棉铃虫的毒性效果。氯仿提取物 72 h 后触杀致死中浓度(LC₅₀)为 0.246 5 g/L; 24 h 的选择性拒食中浓度(AFC₅₀)为 0.188 0 g/L, 非选择性 AFC₅₀ 为 0.188 7 g/L; 氯仿提取物处理 7 d 后胃毒 LC₅₀ 为 0.389 7 g/L; 氯仿提取物处理 72 h 后对棉铃虫生长的 IC₅₀ 为 0.011 2 g/L, 表明该提取物不仅能致死幼虫, 还能显著抑制其生长。因此, 苍耳氯仿提取物对棉铃虫幼虫具有较高的杀虫活性, 苍耳作为一种植物源农药具有研发潜力。

关键词: 苍耳; 提取物; 棉铃虫; 浸叶法; 杀虫活性

中图分类号: S435.622

文献标识码: A

文章编号: 1002-2481(2025)01-0144-07

Biological Activity of Different Solvent Extracts from *Xanthium sibiricum* on Cotton Bollworm

ZHU Xiumiao¹, CHEN Meinan², MA Chengli², LIU Qing³, HAN Mingbin⁴

(1. Xintai Modern Agriculture Development Service Center, Xintai 271200, China; 2. Tai'an Agricultural Technology Promotion Center, Tai'an 271000, China; 3. Tai'an Daiyue District Agricultural Technology Promotion Center, Tai'an 271000, China; 4. Wennen Town People's Government of Xintai City, Xintai 271229, China)

Abstract: Cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* (Hübner)), as a pest with high adaptability, impacts photosynthesis and fruit of peanuts by feeding on foliage and boring the flower buds resulting in a significant decrease in peanut yield. The pest can reduce the peanut yield by 20% to 50%, and even lead to peanut failure in severe cases. In order to reduce the use of chemical pesticides in peanut fields and protect the ecological environment, in this study, using *Xanthium sibiricum* as the material, the insecticidal activity of *Xanthium sibiricum* extracts against cotton bollworm larvae was determined by the spray method and leaf soaking method. The results showed that extracts from different solvents of *Xanthium sibiricum* had contact killing, antifeedant, gastric toxicity, and growth inhibition effects on the 3rd instar larvae of cotton bollworm. The higher the concentration of the extracts were, the more obvious the effect was. Among them, the effect of chloroform extract against cotton bollworms was better than that of methanol extract and ethyl acetate extract. This indicated that the active components solubilities of *Xanthium sibiricum* were different in various solvents, thereby its toxicity against cotton bollworm larvae was affected. The contact-killing lethal concentration(LC₅₀) of chloroform extract after 72 h was 0.246 5 g/L. The concentration of selective antifeedant activity(AFC₅₀) was 0.188 0 g/L at 24 h, and the concentration of non-selective AFC₅₀ was 0.188 7 g/L. After 7 days of treatment with chloroform extract, the LC₅₀ of gastric toxicity was 0.389 7 g/L. After 72 h of treatment with

收稿日期: 2024-01-03

基金项目: 青海省 2023 年第一批中央引导地方科技发展资金计划项目(2023ZY019)

作者简介: 朱秀苗, 高级农艺师, 硕士, 主要从事植物保护研究工作, E-mail: zxmchinese@126.com

chloroform extract, the IC_{50} was 0.011 2 g/L. This indicated that the extracts not only killed larvae but also significantly inhibited their growth. Therefore, the chloroform extract of *Xanthium sibiricum* had high insecticidal activity against cotton bollworm larvae, and *Xanthium sibiricum* had potential for research and development as a plant-based pesticide.

Keywords: *Xanthium sibiricum*; extracts; *Helicoverpa armigera*; leaf soaking method; insecticidal activity

棉铃虫(*Helicoverpa armigera*(Hübner))属鳞翅目夜蛾科,寄主植物种类200种以上^[1],作为一种具有高度适应性的害虫,在华北花生种植区频繁发生,通过啃食叶片和钻蛀花蕾影响叶片光合作用和花生结实,严重时会造成大幅度减产^[2-3]。为了控制棉铃虫的危害,目前普遍采用化学农药进行防治。然而,化学农药的长期使用导致棉铃虫对有机磷、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药产生较高水平的抗性,农药残留也成为影响农产品质量安全及生态环境安全性的重要因素^[4-6]。因此,寻找高效、环境友好型杀虫剂防治棉铃虫显得尤为迫切。植物源杀虫剂作为一种环保友好型农药备受关注。植物源杀虫剂由从植物中提取的植物次生代谢物制成,具有多种生物活性物质,可通过忌避、拒食、触杀和抑制生长发育等多种方式对害虫产生作用,被誉为“环境和谐农药”^[7-8]。

苍耳(*Xanthium sibiricum* Patfin)为菊科(Compositae)苍耳属(*Xanthium*)1年生草本植物,全草均可入药^[9]。近年来,苍耳作为一种植物源农药在抗菌、除草、杀虫等方面的作用受到学者们的广泛关注,取得一系列显著研究成果。马丽等^[10]对苍耳的水提取物及乙醇提取物在抗真菌、除草、杀虫方面的作用进行研究,结果表明,苍耳的水提取物具有一定的除草潜力,苍耳的乙醇提取物具有毒杀棉铃虫及抑制小麦颖枯菌和小麦赤霉菌的潜力;何源等^[11]选取苍耳全草3种萃取相研究其对4种植物病原真菌的抑制作用,结果发现,苍耳提取物对植物病原真菌也具有明显的抑制作用;苍耳茎叶的提取物也可满足一些常见病虫害的生物防治需求^[12]。但目前仅限于苍耳果实单一溶剂粗提物对棉铃虫的生物活性方面的研究^[13-14],缺乏苍耳全草不同溶剂精提物对棉铃虫生物活性的详细研究。

在前人研究的基础上,本试验研究苍耳全草甲醇、氯仿、乙酸乙酯不同溶剂精提物对棉铃虫生物活性的影响,进一步明确苍耳作为植物源农药开发利用的潜在应用价值,以期为植物源农药的开发提供新的参考依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

棉铃虫(*Helicoverpa armigera*(Hübner))采自新泰市未施用农药的花生田内。将棉铃虫置于人工气候箱中,在 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为70%~80%、L:D=12 h:12 h条件下,以花生叶续代饲养。挑取发育健康、大小相近的3~5龄幼虫进行试验。

苍耳采自新泰市境内,选择高度1 m左右,大小1.0 cm×0.5 cm左右的成熟期苍耳开展试验。将苍耳洗净后晾干,45℃恒温烘干至脆,粉碎后过0.42 mm筛,将粉末放在阴暗处,密封后备用。

1.2 试验试剂及仪器

水、乙醇、氯仿、甲醇、乙酸乙酯。人工气候箱、恒温培养箱、电热鼓风干燥箱、植物粉碎机、电子天平、旋转蒸发仪、超声波振荡仪、直径为9 cm的培养皿、圆形打孔器($\varphi=1.5$ cm)。

1.3 试验方法

1.3.1 提取物的制备 称取50 g苍耳全草干粉,加入80%乙醇400 mL加热回流2 h,过滤,滤渣再用8倍体积的80%乙醇回流提取2 h后过滤。将2次滤液合并,用旋转蒸发仪进行减压浓缩,溶剂蒸干后得到苍耳乙醇提取物,将提取物置于4℃冰箱中。

将苍耳乙醇提取物加8倍体积的蒸馏水,超声波振荡热溶后装入分液漏斗,分别用等体积甲醇、氯仿、乙酸乙酯3种溶剂萃取,每个处理重复3次,将各萃取液放入旋转蒸发仪中,减压后浓缩至稠膏状,将提取物保存于4℃冰箱中。称取各浓缩浸膏,分别用其提取溶剂定容至0.125、0.250、0.500、0.750、1.000 g/mL。

1.3.2 提取物的生物活性测定

1.3.2.1 提取物对棉铃虫的触杀作用 采用喷雾法进行。将配制好的不同浓度的提取物依次均匀用喷雾器喷到供试3龄棉铃虫虫体上,每次处理30头,重复3次。以50%丙酮溶液作相同处理后,作为对照。处理后的幼虫放在培养皿中用新鲜无毒花生叶片继续饲养。将培养皿置于温度为25℃、相对湿度为65%、光照周期为L:D=14 h:

10 h 的人工气候箱中,记录处理 24、48、72 h 后试虫的死亡数量,计算出试虫的死亡率和校正死亡率。将校正死亡率转化为概率值,将浓度转化成对数后进行概率分析,通过 SPSS v23.0 非线性拟合计算致死中浓度(LC_{50})。死亡标准:虫体失水皱缩,无法取食,触之不动^[15-16]。

1.3.2.2 提取物对棉铃虫的拒食作用 采用浸叶法进行。用直径 1.5 cm 的圆形打孔器将新鲜花生叶片打成叶碟,将叶碟放入各供试药液中浸泡 5 s 后取出;待叶碟上溶液挥发后,放入保湿培养皿中^[17]。选择性拒食活性试验:在每个培养皿中放入 2 片处理后的叶碟、2 片对照叶碟,十字交叉型排列,在每个培养皿中放入饥饿了 3 h 的 3 龄棉铃虫幼虫 30 头,重复 3 次;对照以 50% 丙酮作相同处理。非选择性拒食活性试验:4 片叶碟十字交叉排列放入培养皿中,每皿接入饥饿了 3 h 的 3 龄幼虫 30 头,3 次重复;在人工气候箱中饲养 24、48、72 h 后,用坐标方格纸分别测定棉铃虫的取食叶面积,计算拒食率。将拒食率转化为概率值,将浓度转化成对数后进行线性回归,计算拒食中浓度(AFC_{50})^[15-20]。

1.3.2.3 提取物对棉铃虫的胃毒作用 将干净的花生叶片在各供试药液中浸渍 5 s,取出晾干后放入培养皿中,每皿接入饥饿了 3 h 的 3 龄幼虫 30 头,每组重复 3 次。对照以 50% 丙酮作相同处理。在人工气候箱中继续饲养 3、5、7 d 后记录中毒死亡虫数,计算死亡率和校正死亡率^[21]。将校正死亡率转化为概率值,将浓度转化成对数后进行概率分析,计算致死中浓度(LC_{50})。

1.3.2.4 提取物对棉铃虫生长发育的抑制作用 处理方法同 1.3.2.3。对照以 50% 丙酮作相同处理。分别称取饲养 24、48、72 h 后幼虫体质量,计

算抑制率^[22]。将抑制率转化为概率值,将浓度转化成对数后进行概率分析,计算抑制中浓度(IC_{50})。

1.4 数据分析

试验数据采用统计软件 SPSS v23.0 非线性拟合,计算致死中浓度;采用 SPSS v23.0 统计软件进行差异显著性分析,用 LSD 法比较不同处理间的差异显著性($P < 0.05$)。

死亡率 = 死亡试虫数 / 供试总虫数 $\times 100\%$ (1)

校正死亡率 = (处理死亡率 - 对照死亡率) / (1 - 对照死亡率) $\times 100\%$ (2)

生长抑制率 = (对照组平均体质量增加量 - 处理组平均体质量增加量) / 对照组平均体质量增加量 $\times 100\%$ (3)

选择性拒食率 = (对照组平均取食面积 - 处理组平均取食面积) / (对照组平均取食面积 + 处理组平均取食面积) $\times 100\%$ (4)

非选择性拒食率 = (对照组平均取食面积 - 处理组平均取食面积) / 对照组平均取食面积 $\times 100\%$ (5)

2 结果与分析

2.1 苍耳提取物对棉铃虫的触杀作用

由表 1 可知,3 种不同苍耳提取物对棉铃虫 3 龄幼虫的触杀毒力随着处理时间的不同毒力强弱也不同。处理 24 h 时,触杀毒力大小为甲醇提取物 > 氯仿提取物 > 乙酸乙酯提取物;处理 48 h 时,毒力大小为氯仿提取物 > 甲醇提取物 > 乙酸乙酯提取物;处理 72 h 时,毒力大小为氯仿提取物 > 甲醇提取物 > 乙酸乙酯提取物。其中氯仿提取物处理 72 h 时的毒力最大, LC_{50} 值为 0.246 5 g/L;其次为氯仿提取物处理 48 h 时的毒力, LC_{50} 值为 0.482 3 g/L。

表 1 苍耳提取物对棉铃虫的触杀作用

Tab.1 Contact killing activity of extracts from *Xanthium sibiricum* against cotton bollworm

不同溶剂提取物 Different solvent extracts	时间/h Time	LC_{50} / (g/L)	95% 置信区间/(g/L) 95% confidence interval CI	截距 ± 标准差 Intercept ± standard error	R^2	df	X^2
甲醇 Methanol	24	0.801 4	0.776 9~0.827 7	0.765 1±0.030 2	0.996 6	13	8.26
	48	0.967 7	0.909 6~1.036 0	0.661 9±0.045 6	0.989 3	13	19.77
	72	0.591 6	0.543 9~0.647 9	0.598 9±0.067 8	0.969 7	13	55.11
氯仿 Chloroform	24	1.308 0	1.222 0~1.413 0	0.831 3±0.059 5	0.990 1	13	21.06
	48	0.482 3	0.473 8~0.491 0	0.639 9±0.040 6	0.998 5	13	2.98
	72	0.246 5	0.231 2~0.261 8	0.571 5±0.040 6	0.987 2	13	21.24
乙酸乙酯 Ethyl acetate	24	2.319 0	2.195 0~2.459 0	0.819 6±0.033 2	0.997 0	13	3.70
	48	1.465 0	1.380 0~1.566 0	0.865 7±0.051 8	0.993 3	13	13.36
	72	1.193 0	1.106 0~1.301 0	0.710 2±0.055 7	0.986 9	13	24.49

2.2 苍耳提取物对棉铃虫的拒食作用

苍耳提取物对棉铃虫的选择性拒食效果如表2所示,同种提取物随着作用时间的延长毒力逐渐减弱;处理24、48、72 h时,毒力大小依次为氯

仿提取物>甲醇提取物>乙酸乙酯提取物。其中,氯仿提取物处理24 h时的毒力最大,AFC₅₀值为0.188 0 g/L;其次为甲醇提取物,处理24 h时的AFC₅₀值为0.237 8 g/L。

表2 苍耳不同溶剂提取物对棉铃虫选择性拒食作用

Tab.2 Selective antifeedant activity of extracts from different solvents of *Xanthium sibiricum* against cotton bollworm

不同溶剂提取物 Different solvent extracts	时间/h Time	毒力回归方程 Toxicity regression equations	相关系数(<i>r</i>) Correlation coefficient	AFC ₅₀ /(g/L)	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
甲醇 Methanol	24	$y=0.832x+3.023$	0.949	0.237 8	0.014
	48	$y=1.001x+2.443$	0.982	0.358 5	0.003
	72	$y=0.916x+2.604$	0.992	0.412 8	0.001
氯仿 Chloroform	24	$y=1.222x+2.221$	0.976	0.188 0	0.005
	48	$y=1.264x+1.831$	0.948	0.321 4	0.014
	72	$y=0.955x+2.583$	0.930	0.339 5	0.022
乙酸乙酯 Ethyl acetate	24	$y=0.611x+3.425$	0.941	0.378 2	0.017
	48	$y=0.795x+2.798$	0.983	0.588 6	0.003
	72	$y=0.652x+3.133$	0.982	0.730 3	0.003

从表3可以看出,苍耳不同溶剂提取物对棉铃虫的非选择性拒食毒力,在处理24、48、72 h时,毒力大小依次均为氯仿提取物>甲醇提取物>乙酸乙酯提取物。甲醇提取物、氯仿提取物、乙酸乙酯提取物对棉铃虫在不同处理时间的非选择性拒食毒

力大小均依次为24 h>48 h>72 h;其中氯仿提取物处理24 h时的毒力最大,AFC₅₀值为0.188 7 g/L,其次为氯仿提取物处理48 h时的毒力,AFC₅₀值为0.191 4 g/L。

表3 苍耳不同溶剂提取物对棉铃虫非选择性拒食作用

Tab.3 The non-selective antifeedant activity of extracts from different solvents of

Xanthium sibiricum against cotton bollworm

不同溶剂提取物 Different solvent extracts	时间/h Time	毒力回归方程 Toxicity regression equations	相关系数(<i>r</i>) Correlation coefficient	AFC ₅₀ /(g/L)	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
甲醇 Methanol	24	$y=1.233x+2.036$	0.991	0.253 4	0.001
	48	$y=0.790x+3.027$	0.893	0.314 4	0.041
	72	$y=0.640x+3.349$	0.936	0.379 9	0.019
氯仿 Chloroform	24	$y=1.226x+2.210$	0.996	0.188 7	<0.001
	48	$y=1.036x+2.660$	0.987	0.191 4	0.002
	72	$y=0.911x+2.865$	0.999	0.220 6	<0.001
乙酸乙酯 Ethyl acetate	24	$y=1.141x+2.174$	0.990	0.299 8	0.001
	48	$y=0.982x+2.451$	0.925	0.394 2	0.024
	72	$y=0.740x+2.998$	0.954	0.507 5	0.012

2.3 苍耳提取物对棉铃虫的胃毒作用

处理1 d后调查,棉铃虫均未死亡。从表4可以看出,3种提取物对棉铃虫的毒力均随处理时间的延长而增大;处理时间相同时,各提取物对棉铃虫毒力大小表现为氯仿提取物>甲醇提取物>乙酸乙酯提取物。其中氯仿提取物处理7 d后对棉

铃虫毒力最高,LC₅₀为0.389 7 g/L;其次为甲醇提取物,处理7 d后的毒力LC₅₀为0.558 3 g/L。

2.4 苍耳提取物对棉铃虫的生长抑制作用

从表5可以看出,甲醇、氯仿、乙酸乙酯3种苍耳提取物对棉铃虫幼虫的体质量增长均有一定的抑制作用,同种提取物处理不同时间后抑制毒力

大小表现为 72 h>48 h>24 h。相同处理时间,不同提取物之间抑制毒力大小表现为氯仿提取物>甲醇提取物>乙酸乙酯提取物。其中,氯仿提取

物处理 72 h 后抑制毒力最高, IC_{50} 为 0.011 2 g/L; 其次为甲醇提取物处理 72 h 后的毒力, IC_{50} 为 0.106 3 g/L。

表 4 苍耳提取物对棉铃虫的胃毒作用

Tab.4 Gastric toxic effects of *Xanthium sibiricum* extracts on cotton bollworm

不同溶剂提取物 Different solvent extracts	时间/d Time	毒力回归方程 Toxicity regression equations	相关系数(r) Correlation coefficient	$LC_{50}/(g/L)$	P 值 P value
甲醇 Methanol	3	$y=2.366x-0.204$	0.883	1.219 2	0.542
	5	$y=2.315x+0.118$	0.954	0.882 1	0.889
	7	$y=2.387x+0.604$	0.942	0.558 3	0.327
氯仿 Chloroform	3	$y=2.051x-1.832$	0.906	0.893 8	0.525
	5	$y=2.331x+0.498$	0.887	0.611 5	0.139
	7	$y=2.884x+1.184$	0.908	0.389 7	0.034
乙酸乙酯 Ethyl acetate	3	$y=2.861x-0.252$	0.737	1.225 4	0.711
	5	$y=2.335x+0.123$	0.946	0.886 1	0.820
	7	$y=2.508x+0.419$	0.939	0.681 2	0.558

表 5 苍耳不同溶剂提取物对棉铃虫的生长发育抑制作用

Tab.5 Inhibition effect of different solvent extracts from *Xanthium sibiricum* on the growth and development of cotton bollworm

不同溶剂提取物 Different solvent extracts	时间/h Time	毒力回归方程 Toxicity regression equations	相关系数(r) Correlation coefficient	$IC_{50}/(g/L)$	P 值 P value
甲醇 Methanol	24	$y=0.595x+0.175$	0.787	0.501 4	0.076
	48	$y=0.335x+0.658$	0.744	0.231 7	0.834
	72	$y=0.789x+1.280$	0.942	0.106 3	0.956
氯仿 Chloroform	24	$y=0.540x+0.462$	0.798	0.141 6	0.262
	48	$y=0.309x+0.682$	0.713	0.024 5	0.827
	72	$y=0.843x+1.340$	0.938	0.011 2	0.914
乙酸乙酯 Ethyl acetate	24	$y=0.613x+0.144$	0.769	0.574 1	0.023
	48	$y=0.317x+0.623$	0.726	0.260 3	0.827
	72	$y=0.785x+1.242$	0.944	0.111 6	0.962

3 结论与讨论

棉铃虫是一种全球范围内广泛分布的农业害虫。目前,化学农药防治仍是防治这一害虫的主要措施^[23-24],但是随着棉铃虫不断进化,农药使用不规范、利用率低,其对杀虫剂产生抗药性越来越强并呈现出了逐年递增的趋势^[5]。随着各级政府对农业面源污染治理及农药使用量零增长等政策的出台,寻找环境友好型杀虫剂成为害虫防治的一个重要方向。植物源农药因其作用机制特殊、靶标专一性强,对环境安全友好,越来越受到研究者的青睐^[15, 25-26]。

植物源农药的主要活性成分是天然存在的植

物次生代谢产物,对昆虫内部新陈代谢起到干扰作用,使昆虫产生拒食、体质量减轻、难以蜕皮、不能正常化蛹直至死亡等,其作用机理有别于常规农药,因此,不易使害虫产生抗药性。植物源农药来源于自然,在自然环境下易降解,不易产生残留,因此,对环境及作物较安全。熊丽霞^[14]研究发现,川乌、苍耳、刀豆、川楝和博落回对甜菜夜蛾 2 龄幼虫的毒杀作用及对棉铃虫和甜菜夜蛾 4 龄幼虫的抑制生长作用表现出较好效果。马丽等^[10]研究也发现,苍耳乙醇提取物对棉铃虫有 100% 的毒杀作用。

本研究结果显示,3 种不同苍耳提取物对棉铃虫幼虫触杀、拒食、胃毒和生长发育抑制方面的生

物活性均表现出良好效果,其中,氯仿提取物>甲醇提取物>乙酸乙酯提取物,提取物浓度越高,效果越明显。在4种作用方式研究中,抑制效果表现最为显著,抑制中浓度(IC₅₀)为0.011 2 g/L。造成这种现象的原因可能是提取物对试虫的拒食反应,使幼虫失去味觉,影响其正常的生长发育;也可能是由于提取物破坏了试虫的中肠组织,抑制解毒酶系而影响消化吸收,干扰呼吸代谢,使正常的生理生化反应受阻,生长发育受到抑制,形成畸形虫体。这与熊丽霞等^[14]的研究结果一致。此外,对于不同作用方式的处理时间进行了系统研究。本研究发现,在相同浓度下,随处理时间延长,触杀、胃毒和生长发育抑制效果逐渐增强,而拒食活性的效果逐渐减弱,具体机制还有待进一步研究。

本研究结果为苍耳作为植物源农药的进一步开发和利用提供了实践基础^[27]。未来可以重点关注苍耳提取物的主要活性成分及其在农田环境中的长期效应,这对绿色农业发展具有深远意义。

参考文献:

- [1] 丛胜波,万鹏,李文静,等. 10种中草药提取物对棉铃虫、绿盲蝽触杀活性研究[J]. 植物保护, 2023, 49(1): 250-253.
CONG S B, WAN P, LI W J, et al. Contact activity of ten Chinese herbal extracts against *Helicoverpa armigera* and *Apolys lucorum*[J]. Plant Protection, 2023, 49(1): 250-253.
- [2] 董保信. 山东省主要农作物有害生物名录及图谱[M]. 石家庄:河北教育出版社, 2009.
DONG B X. List and atlas of major crop pests in Shandong province[M]. Shijiazhuang: Hebei Education Press, 2009.
- [3] 李家斌. 兴业县花生病虫害发生情况及防治措施[J]. 现代农业科技, 2012(23): 142-144.
LI J B. The occurrence and control measures of peanut diseases and pests in Xingye County[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2012(23): 142-144.
- [4] 王守明,张志伟,卢国彩,等. 四唑虫酰胺对番茄棉铃虫的室内生物活性和田间药效[J]. 农药, 2023, 62(11): 856-858.
WANG S M, ZHANG Z W, LU G C, et al. Bioactivity and field efficacy of tetraniliprole against *Helicoverpa armigera* on tomato[J]. Agrochemicals, 2023, 62(11): 856-858.
- [5] 张晓雪,罗明勇,林志艺. 棉铃虫综合防治概述[J]. 四川农业科技, 2023(7): 55-57.
ZHANG X X, LUO M Y, LIN Z Y. Overview of comprehensive control of *Helicoverpa armigera*[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology, 2023(7): 55-57.
- [6] 田路,郑少锋,陈如静. 绿色防控技术采纳影响因素及收入效应研究:基于792户菜农调查数据的实证分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2022, 30(10): 1687-1697.
TIAN L, ZHENG S F, CHEN R J. The influencing factors and income effects of green prevention-control technology adoption-An empirical analysis based on the survey data of 792 vegetable growers[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2022, 30(10): 1687-1697.
- [7] 刘超,毛建辉,陈宇,等. 3种植物源杀虫剂对小贯小绿叶蝉的防治效果[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(9): 91-94.
LIU C, MAO J H, CHEN Y, et al. Control effects of three plant-derived insecticides on *Empoasca (Matsumurasca) onukii* [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(9): 91-94.
- [8] 崔东亚,蒋继志,杨美玲,等. 植物源杀虫剂活性成分研究进展[J]. 山西农业科学, 2008, 36(6): 42-44.
CUI D Y, JIANG J Z, YANG M L, et al. Advances in research of botanical pesticides composition[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2008, 36(6): 42-44.
- [9] 国家中医药管理局中华本草编委会. 中华本草[M]. 精选本. 上海:上海科学技术出版社, 1998.
Chinese Materia Medica Editorial Committee of the State Administration of Traditional Chinese Medicine. Chinese materia medica[M]. Selected edition. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1998.
- [10] 马丽,王开梅,李维林,等. 苍耳子提取物作为生物农药的潜力研究[J]. 江西农业学报, 2013, 25(10): 65-67.
MA L, WANG K M, LI W L, et al. Study on potentiality of extracts from *Xanthium sibiricum* as biological pesticide[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2013, 25(10): 65-67.
- [11] 何源,齐浩,阿力米热·库来西,等. 意大利苍耳提取物抗植物病原真菌活性研究[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(6): 119-121.
HE Y, QI H, ALIMIRE E C. Study on the activity of extracts of *Xanthium italicum* Moretti against plant pathogenic fungi [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2020, 48(6): 119-121.
- [12] 芦站根. 苍耳不同溶剂提取物对苹果轮纹病菌的抑制效果[J]. 河北果树, 2020(4): 21.
LU Z G. The inhibitory effect of different solvent extracts from *Xanthium strumarium* on apple ring rot fungus[J]. Hebei Fruits, 2020(4): 21, 23.
- [13] 叶明强. 植物提取物的生物活性及其联合毒力作用研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2003.
YE M Q. Study on the biological activity and combined toxicity of plant extracts[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2003.
- [14] 熊丽霞. 植物粗提物联合毒力及作用方式的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2006.
XIONG L X. Study on the combined toxicity and mode of action of plant crude extracts[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006.
- [15] 林坤,赵堂,杨敏丽,等. 蓼子朴乙醇提取物对小菜蛾的生物活性研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(8): 58-62.
LIN K, ZHAO T, YANG M L, et al. The bioactivity of ethanol extract from *inula salsoloides* Ostenf. against *Plutella xylostella*[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(8): 58-62.
- [16] 李晶,李娜,付麟云,等. 黄帚橐吾乙醇提取物对黏虫毒力及

- 其解毒酶系活性的影响[J]. 杂草学报, 2023, 41(1): 11-17.
- LI J, LI N, FU L Y, et al. Effect of ethanol extract from *Ligularia virgaurea* on toxicity and activity of detoxifying enzymes of *Mythimna separata*[J]. Journal of Weed Science, 2023, 41(1): 11-17.
- [17] 张秀霞, 毛晓红, 高强, 等. 3 种生物杀虫剂防治烟草烟粉虱的室内毒力及田间药效试验[J]. 中国农学通报, 2019, 35(20): 99-103.
- ZHANG X X, MAO X H, GAO Q, et al. Toxicity test and field efficacy of 3 biological insecticides to *Bemisia tabaci* on tobacco[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(20): 99-103.
- [18] 李进步, 方丽平, 薛建平, 等. 半夏乙醇提取物对小菜蛾幼虫生物活性的研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(5): 223-227.
- LI J B, FANG L P, XUE J P, et al. The bioactivity of ethanol extracts of *Pinellia ternate* against *Plutella xylostella*[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(5): 223-227.
- [19] 谷清义, 刘林东, 王博宇, 等. 息半夏皮乙醇提取物对小菜蛾的杀虫活性[J]. 现代农业科技, 2022(19): 108-111.
- GU Q Y, LIU L D, WANG B Y, et al. Insecticidal activity of ethanol extract from peels of *Pinellia ternate* of Xi county against *Plutella xylostella*[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2022(19): 108-111.
- [20] 涂娟, 谢枫, 吴月坤, 等. 大蒜精油对灰茶尺蠖的作用方式研究[J]. 江西农业学报, 2022, 34(6): 86-90.
- TU J, XIE F, WU Y K, et al. Study on action mode of *Allium sativum* oil against *Ectropis grisea*[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2022, 34(6): 86-90.
- [21] 詹寿发, 陈晔, 樊有赋, 等. 大叶醉鱼草提取物对黄脊竹蝗的生物活性[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 148-150.
- ZHAN S F, CHEN Y, FAN Y F, et al. Biological activity of extracts from large leaved drunken fish grass against *Ceracris kiangsu*[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2011, 39(3): 148-150.
- [22] 丁建海, 张俊芳. 扁蓄提取物对小菜蛾生物活性的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(7): 1593-1595.
- DING J H, ZHANG J F. Insecticidal activity of *Polygonum aviculare* L. against *Plutella xylostella*[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2015, 54(7): 1593-1595.
- [23] 李维政, 梁赫, 秦子昕, 等. 四氯虫酰胺与 3 种助剂混配对棉铃虫的防治效果[J]. 植物保护, 2023, 49(1): 244-249, 270.
- LI W Z, LIANG H, QIN Z X, et al. The control efficacy of tetrachlorantraniliprole mixed with three adjuvants against *Helicoverpa armigera*[J]. Plant Protection, 2023, 49(1): 244-249, 270.
- [24] 吴莉莉, 陈艳, 才才, 等. 4 种杀虫剂对辣椒田棉铃虫的防治效果[J]. 中国植保导刊, 2022, 42(3): 80-82.
- WU L L, CHEN Y, CAI C, et al. The control effect of four insecticides on *Helicoverpa armigera* in chili fields[J]. China Plant Protection, 2022, 42(3): 80-82.
- [25] 黄云, 吴沛卓, 郑钧月, 等. 棉铃虫对化学杀虫剂的抗性现状及分子机制研究进展[J]. 植物保护学报, 2022, 49(1): 336-350.
- HUANG Y, WU P Z, ZHENG J Y, et al. Status of resistance to chemical insecticides in cotton bollworm *Helicoverpa armigera* and research progresses on the molecular mechanisms[J]. Journal of Plant Protection, 2022, 49(1): 336-350.
- [26] 王佳弘. 棉铃虫主要杀虫剂靶标抗性基因克隆及突变位点分析[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2023.
- WANG J H. Clone and mutation site analysis of the major insecticides resistance genes of *Helicoverpa armigera*[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2023.
- [27] 陈佳. 刺槐有效成分 D 松醇的分离鉴定、生物活性及其对黄瓜白粉病的作用机理研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- CHEN J. Isolation, identification, biological activity, and mechanism of action on cucumber powdery mildew of D-pine alcohol, an effective component of *Robinia pseudoacacia*[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2015.