

DOI: 10.14188/j.ajsh.20240121002

泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜生长发育和繁殖的影响

曹焱雨, 张廷伟*, 史 历, 袁 月, 刘长仲

(甘肃农业大学 植物保护学院 甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 泽漆(*Euphorbia helioscopia*)为大戟科(Euphorbiaceae)大戟属(*Euphorbia*)植物,全株含有丰富的白色乳汁,有毒,在国家高质量发展和“新农科”建设背景下,探寻泽漆在杀虫农药开发中的潜力显得尤为重要。在室内毒力测定的基础上,采用离体叶片植物介导法研究了泽漆乳浆亚致死剂量(LC₃₅、LC₂₅、LC₁₅)对豌豆蚜(*Acyrthosiphon pisum*)生长发育和繁殖的影响。结果表明,泽漆乳浆不同亚致死剂量LC₃₅、LC₂₅、LC₁₅(1.380 g/L、0.847 g/L、0.460 g/L)对豌豆蚜的生长发育和繁殖均有显著影响。经不同亚致死剂量处理后,豌豆蚜若蚜发育历期明显缩短,而成蚜期、产蚜天数明显延长,平均产蚜量和日均每雌产蚜量与对照相比均明显降低。在LC₃₅剂量处理下,豌豆蚜若蚜发育历期最短(5.74 d),成蚜寿命(20.08 d)和产蚜历期(17.06 d)最长,平均产蚜量(86.35头)和日均每雌产蚜量(5.07头)最低。结果表明,泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜的生长发育具有促进作用,而对豌豆蚜成蚜生殖力有显著的抑制作用。

关键词: 泽漆乳浆;豌豆蚜;亚致死剂量;生长发育;繁殖

中图分类号: Q968

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2024)04-0334-06

Effects of sublethal dose of *Euphorbia helioscopia* latex on growth, development and reproduction of *Acyrthosiphon pisum*

CAO Yanyu, ZHANG Tingwei*, SHI Li, YUAN Yue, LIU Changzhong

(College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Bio-control Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: *Euphorbia helioscopia* is a plant of the family Euphorbiaceae and genus *Euphorbia*, and the whole plant is rich in white latex, which is poisonous. In the context of national high-quality development and the construction of “new agricultural science”, it is particularly important to explore the potential of *E. helioscopia* in the development of insecticidal pesticides. In this study, the effects of sublethal doses (LC₃₅, LC₂₅, LC₁₅) of *E. helioscopia* latex on the growth, development and reproduction of *Acyrthosiphon pisum* were investigated by *in vitro* leaf plant mediated method on the basis of indoor virulence determination. The results showed that different sublethal doses of LC₃₅, LC₂₅ and LC₁₅ (1.380 g/L, 0.847 g/L and 0.460 g/L) of *E. helioscopia* had significant effects on the growth, development and reproduction of *A. pisum*. After treatment with different sublethal doses, the developmental period of *A. pisum* nymph was significantly shortened, while the adult period and aphid production days were significantly prolonged. The average aphid production and daily average aphid production per female were significantly reduced compared to the control group. Under the LC₃₅ dosage treatment, *A. pisum* nymph had the shortest developmental duration (5.74 d), and adult aphids had the longest lifespan (20.08 d) and aphid reproduction period (17.06 d), while the average aphid production (86.35) and daily average aphid production per female (5.07 aphids) were the lowest. The results indicate that the sublethal doses of *E. helioscopia* latex have a promot-

收稿日期: 2024-01-21 修回日期: 2024-03-19 接受日期: 2024-08-22

作者简介: 曹焱雨(2001-),女,硕士生,研究方向为植物保护。E-mail: 1262164197@qq.com

* 通讯联系人: 张廷伟(1985-),男,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为昆虫生态与害虫综合治理。E-mail: zhangtw@gsau.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金地区项目(31960227;31960351)

引用格式: 曹焱雨,张廷伟,史历,等. 泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜生长发育和繁殖的影响[J]. 生物资源, 2024, 46(4): 334-339.

Cao Y Y, Zhang T W, Shi L, et al. Effects of sublethal dose of *Euphorbia helioscopia* latex on growth, development and reproduction of *Acyrthosiphon pisum* [J]. Biotic Resources, 2024, 46(4): 334-339.

ing effect on the growth and development of *A. pisum*, while significantly inhibiting reproductive ability of its adult aphids.

Key words: *Euphorbia helioscopia* latex; *Acyrtosiphon pisum*; sublethal dose; growth and development; reproduction

0 引言

农业是国民经济的基础,而农药在控制有害生物危害和促进农作物增产等方面起着重要支撑作用。然而,随着中国农业现代化进程的不断推进,农药等化学投入品使用量不断增加,化学农药所带来的“3R(害虫抗药性(resistance)、农药残留(residue)、害虫再猖獗(resurgence))”问题日益凸显^[1]。植物源农药因其主要利用植物天然产物或次生代谢产物,通过复杂的作用方式发挥其杀虫、杀(抑)菌和除草活性,具有对环境友好、生物活性多样、不易引起害虫抗药性等优点,在减少农药残留、降低化学农药用量以确保农业生产安全、食品安全和环境安全方面具有广阔的发展前景^[2]。因此,在国家高质量发展和“新农科”建设背景下,大力发展植物源农药,发展绿色农业,对于实现中国化学农药使用量的零增长、降低化学农药负效应和改善生态环境有着十分重要的意义^[3]。

泽漆(*Euphorbia helioscopia*)又名五朵云、猫眼草、奶浆草,隶属大戟科(Euphorbiaceae)大戟属(*Euphorbia*),是一种除新疆、西藏外各地均有分布的一年生草本药用植物。全株含有丰富的白色乳汁,性微寒、味苦、有毒,在《本草纲目》中记载其具有利水消肿、化痰止咳、散结等药用功能,临床上常用于治疗腹水、水肿、肺结核、颈淋巴结、痰多喘咳及癰疮等疾病^[4-6]。在关于泽漆的杀虫活性研究中,有学者发现,泽漆植株提取液对菜青虫(*Pieris rapae*)的触杀活性可达到75.5%,胃毒活性达到88%^[7];泽漆乙醇提取物对十星瓢蚧叶甲(*Oides decempunctatus*)幼虫具有显著的拒食作用^[8];用泽漆正丁醇提取物对烟粉虱(*Bemisia tabae*)处理5 d后,触杀活性可达96.34%^[9];泽漆提取物及乳浆还对桃蚜(*Myzus persicae*)^[10-12]、棉蚜(*Aphis gossypii*)^[13]、甘蓝蚜(*Brevicoryne brassicae*)^[14]和麦长管蚜(*Sitobion avenae*)^[15]等均具有良好的毒杀作用。此外,泽漆提取物对苹果腐烂病菌(*Valsa mali*)、柑橘炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、核盘霉菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)还有一定的抑制作用^[16,17]。

通过喷施、涂抹、浸种或灌根等不同施用方式,将杀虫剂施用在田间后,除直接杀死害虫外,随着时间的推移及个体接触药量的差异,药剂还存在亚致死效应,亚致死效应会影响害虫的生长发育和繁殖,引害虫生物学特性的改变,进而导致害虫抗药性的产

生^[18-20]。然而,当前关于植物源农药对害虫亚致死效应方面的研究相对较少,而且不同学者研究所得结论也不相同。有研究发现,经当归和蓖麻乙醇提取物亚致死剂量处理后,甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)亲代和子代幼虫发育历期和蛹历期均明显延长、而且产卵量显著降低,表明当归和蓖麻乙醇提取物亚致死剂量对甜菜夜蛾生长发育和产卵具有明显抑制作用^[21]。然而,用浸渍过印楝素亚致死剂量的桃蚜饲喂异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)后发现,异色瓢虫每雌每日产卵量显著降低,但幼虫和蛹的发育历期却较对照明显缩短^[22];用苦参碱和藜芦碱亚致死剂量处理棉蚜、棉黑蚜(*Aphis atrata*)和棉无网长管蚜(*Acyrtosiphon gossypii*)后发现,苦参碱和藜芦碱亚致死剂量对3种棉花蚜虫生殖力表现出抑制作用,但对3种棉花蚜虫的发育速率有明显促进作用^[23]。

鉴于当前在泽漆乳浆及其提取物亚致死效应方面鲜有研究报道,为明确泽漆乳浆亚致死剂量对豆科作物及牧草上的重要刺吸害虫豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)生物学特性的影响,本文在测定泽漆乳浆对豌豆蚜毒力基础上,研究了泽漆乳浆亚致死剂量LC₃₅、LC₂₅、LC₁₅对豌豆蚜发育历期、成虫寿命以及产蚜量等生物学特性的影响,以期为泽漆的合理使用及豌豆蚜的综合防治提供参考,进而为植物源药剂在刺吸类害虫防控中的推广应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

杀虫植物:泽漆采自河南省禹州市神垕镇(34°7'N, 113°13'E),为盛花期全株。供试虫源:豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*),采自甘肃农业大学苜蓿试验基地(兰州),在室内(21±1)℃、相对湿度(60±5)%、光暗周期L:D为16 h:8 h条件下,以蚕豆(*Vicia faba*)为寄主植物,饲养繁殖多代后备用。

1.2 泽漆乳浆采集与有效物质含量的测定

乳浆采集方法参照文献[12]的方法进行。将采集的新鲜泽漆茎叶剪断,收集白色乳浆于自制冰盒10 mL离心管中,4℃下保存备用。取洁净的载玻片5片,分别精确称其重量后,在每块载玻片上滴加1 mL泽漆乳浆,40℃下烘3 h,烘干后,测得泽漆乳浆总物质的含量为87.55 g/L。

1.3 泽漆乳浆亚致死剂量确定

将供试泽漆乳浆用蒸馏水稀释成120 mL/L、

80 mL/L、40 mL/L、20 mL/L、10 mL/L 的泽漆乳浆溶液, 其中总物质的含量分别为 10.50 g/L、7.00 g/L、3.50 g/L、1.75 g/L、0.88 g/L, 采用微量点滴法^[24]对 4 龄健康豌豆蚜若蚜进行生物活性测定, 每一浓度处理 50 头, 重复 3 次。在每头蚜虫体腹部背面点滴 0.1 μ L 各处理溶液, 以点滴蒸馏水为对照。处理后将试虫置于光照培养箱中蚕豆叶片上继续饲养。24 h 后统计各处理的蚜虫死亡情况, 以软毛笔轻触蚜虫虫体, 不动者视为死亡。根据毒力测定统计结果, 基于 SPSS 23.0 软件, 采用几率值法计算泽漆乳浆对豌豆蚜的毒力回归方程, LC_{50} 、 LC_{35} 、 LC_{25} 、 LC_{15} 值及 95% 置信区间, 并根据生物活性测定结果配制泽漆乳浆的亚致死浓度。

1.4 泽漆乳浆对豌豆蚜亚致死效应的测定

采用离体叶片植物介导法^[25]进行试验, 在 1.5 mL 离心管底部开直径 2 mm 的小孔, 剪取叶柄长 1 cm 的新鲜蚕豆叶片, 将叶柄部插入离心管底部小孔中并用石蜡膜密封固定, 然后离心管中分别注满 LC_{35} 、 LC_{25} 、 LC_{15} 亚致死剂量浓度的泽漆乳浆溶液, 封口后叶片正面朝上平置于直径 12 cm 的培养皿内备用。将 2 h 内新产的豌豆蚜 1 龄若蚜接入培养皿内叶片, 每皿 1 头, 置于温度 $(21 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 光暗周期 L:D 为 16 h:8 h, 相对湿度 $(60 \pm 5) \%$ 的人工气候箱内进行饲养, 每 12 h 观察 1 次, 直到成蚜自然死亡。试验期间适时更换叶片, 每天向离心管中及时补充同浓度的泽漆乳浆溶液, 保证叶柄浸于其中, 观察记录蚜虫存活情况、蜕皮次数, 成蚜期每天记录当天产蚜量并移除所产若蚜。以蒸馏水处理为对照, 每个处理 60 个重复。统计若蚜发育历期、产蚜历期、成蚜繁殖量等生物学参数。

1.5 数据处理

利用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 23.0 软件对所得的试验数据进行分析, 所有数据的误差处理方式均为 (平均值 $\pm$ 标准误) ($\text{mean} \pm \text{SE}$)。采用 SPSS 23.0 软件 One-way ANOVA 程序进行方差分析, Duncan 氏新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 泽漆乳浆对豌豆蚜的室内毒力测定

泽漆乳浆对 4 龄豌豆蚜 24 h 的室内毒力测定结果见表 1。毒力回归方程为 $y = 1.365x - 0.576$, $\chi^2 = 2.071$, 方程存在显著线性关系 ($r = 0.9608$, $P < 0.05$)。致死中浓度 LC_{50} 为 2.644 g/L, 亚致死剂量 LC_{15} 、 LC_{25} 和 LC_{35} 分别为 0.460 g/L、0.847 g/L 和 1.380 g/L, 明确亚致死剂量值用于后续研究泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜生长发育和繁殖的影响。

表 1 泽漆乳浆对 4 龄豌豆蚜的毒力测定
Table 1 Determination of virulence of *Euphorbia helioscopia* latex to 4th instar *A. pisum*

处理组	处理剂量/(g·L ⁻¹)	亚致死剂量值的取值范围 (95% 置信区间)/(g·L ⁻¹)
LC ₁₅	0.460	0.211~0.715
LC ₂₅	0.847	0.495~1.170
LC ₃₅	1.380	0.955~1.771
LC ₅₀	2.644	2.095~3.376

2.2 不同泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜生长发育历期的影响

不同泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜生长发育历期有显著影响 ($P < 0.05$) (表 2)。随着泽漆乳浆亚致死剂量的增大, 豌豆蚜各龄若蚜发育历期与亚致死剂量呈负相关, 即随着泽漆乳浆亚致死剂量的增大, 若蚜发育历期明显缩短。CK (对照空白) 处理下豌豆蚜若蚜发育历期为 7.21 d, 而 LC_{35} 剂量处理下豌豆蚜若蚜发育历期最短, 仅为 5.74 d, 与对照相比缩短了 1.47 d。不同亚致死剂量以及对照之间若蚜期差异均显著 ($P < 0.05$)。表明漆乳浆亚致死剂量处理缩短了豌豆蚜的发育历期。

2.3 不同泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜成蚜寿命及繁殖力的影响

不同泽漆乳浆亚致死剂量处理对豌豆蚜产蚜前期、产蚜期、成蚜寿命、总产蚜量及日均产蚜量均有显著影响 ($P < 0.05$)。豌豆蚜产蚜前期、产蚜期和成蚜寿命随着亚致死剂量的增大而延长 (表 3)。在 LC_{35} 剂量下, 豌豆蚜产蚜前期 (1.62 d)、产蚜期 (17.06 d) 和成蚜寿命 (20.08 d) 均最长, 与对照相比分别延长了 0.24 d、3.21 d 和 4.34 d。然而随着泽漆乳浆亚致死剂量增大, 豌豆蚜总产蚜量和日均产蚜量逐渐下降, 在 LC_{35} 剂量下的总产蚜量 (86.35 头) 和日均产蚜量 (5.07 头/雌) 均最低, 较对照分别降低了 16.41 头和 2.36 头/雌。表明泽漆乳浆亚致死剂量增大会延长豌豆蚜产蚜前期、产蚜期和成蚜寿命, 同时降低豌豆蚜的总产蚜量和日均产蚜量。

2.4 不同泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜每日每雌产蚜量的影响

不同泽漆乳浆亚致死剂量下豌豆蚜每日每雌产蚜量见图 1。各处理下成蚜产蚜期高峰期均在第 2~10 d 内, 但随着亚致死剂量浓度的升高, 与对照相比豌豆蚜每日每雌产蚜量显著降低。在 LC_{35} 剂量下豌豆蚜每日每雌产蚜量最低, 最高仅为 7.47 头, 显著低于对照高峰期每日每雌的产蚜量 (9.12 头)。然而在产蚜后期, 随着每日每雌产蚜量的逐渐降低, 越高亚致死剂量处理下豌豆蚜产蚜天数明显延长。

表2 泽漆乳浆不同亚致死剂量对豌豆蚜生长和发育历期的影响

Table 2 Effect of different sublethal doses of *E. helioscopia* latex on the growth and developmental duration of *A. pisum*

处理组	处理剂量/(g·L ⁻¹)	1龄/d	2龄/d	3龄/d	4龄/d	若蚜期/d
LC ₃₅	1.380	1.29±0.06c	1.35±0.06c	1.41±0.10b	1.68±0.06c	5.74±0.06d
LC ₂₅	0.847	1.50±0.01b	1.53±0.10bc	1.50±0.09ab	1.79±0.06bc	6.32±0.06c
LC ₁₅	0.460	1.59±0.05ab	1.59±0.05b	1.56±0.04ab	1.94±0.04ab	6.68±0.06b
CK	0	1.71±0.06a	1.82±0.09a	1.70±0.06a	1.97±0.05a	7.21±0.07a

注:同列不同小写字母表示在不同浓度处理间差异显著($P<0.05$)

Note: different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments at different concentrations ($P<0.05$)

表3 泽漆乳浆不同亚致死剂量对豌豆蚜繁殖与寿命的影响

Table 3 Effects of different sublethal doses of *E. helioscopia* latex on the fecundity and longevity of *A. pisum*

浓度/(g·L ⁻¹)	产蚜前期/d	产蚜期/d	总产蚜量/头	日均产蚜量/(头/雌)	成蚜寿命/d
LC ₃₅ (1.380)	1.62±0.05a	17.06±0.37a	86.35±4.34b	5.07±0.24d	20.08±0.59a
LC ₂₅ (0.847)	1.47±0.09ab	15.68±0.40b	91.71±2.72b	5.86±0.11c	17.68±0.50b
LC ₁₅ (0.460)	1.44±0.07ab	14.41±0.39c	93.76±2.06b	6.54±0.12b	16.32±0.41bc
CK(0)	1.38±0.05b	13.85±0.14c	102.76±0.95a	7.43±0.10a	15.74±0.21c

注:同列不同小写字母表示在不同浓度处理间差异显著($P<0.05$)

Note: different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments at different concentrations ($P<0.05$)

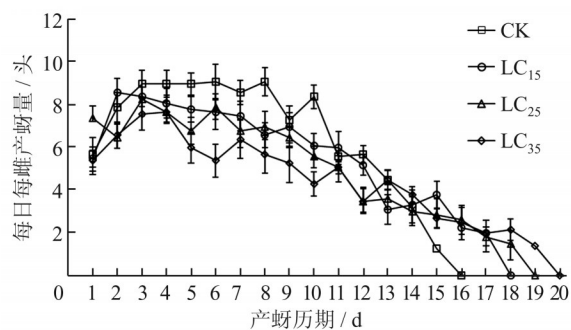


图1 泽漆乳浆不同亚致死剂量浓度下豌豆蚜每日每雌产蚜量

Fig. 1 Daily aphid production per female of *A. pisum* at different sublethal dose concentrations of *E. helioscopia* latex

3 结论与讨论

杀虫植物体内代谢产生的小分子有毒代谢产物是植物进化出的独特的“代谢武器”,能够使植物对外来有害生物具备非寄生抗性的防御能力,属于植物自身防御功能与外界环境胁迫在长期适应演变过程中协同进化的结果^[26]。因杀虫植物具有生物碱类、黄酮类、酚类、萜烯类、羧酸类、酯类和糖苷类等复杂多样的杀虫活性成分,不仅具有较高的杀虫活性,而且会影响或改变害虫的生物学特性,尤其在亚致死剂量作用下会对昆虫正常的生长发育和繁殖产生干扰^[27,28]。本研究结果表明,泽漆乳浆不仅具有较高的触杀活性,而且具有较高的内吸活性。在亚致死剂量处理下虽然豌豆蚜若蚜可正常发育,但随着泽漆乳浆亚致死剂量浓度的升高,豌豆蚜发育历期与对照相比明显缩短,而成蚜期、产蚜天数明显延

长、繁殖力显著下降。这与利用苦参碱和藜芦碱亚致死剂量对棉花蚜虫的研究结果一致^[23]。据研究报告,泽漆中含有二萜类、黄酮类、多酚类、生物碱类、蛋白质、糖类等200余种化学成分^[6]。而这些物质可能干扰昆虫的内分泌系统,影响与昆虫生长发育紧密相关的保幼激素、促前胸腺激素、蜕皮甾类等的合成、分泌,从而影响昆虫正常的变态和发育^[27,29]。因此,泽漆乳浆亚致死剂量处理导致豌豆蚜若蚜发育历期的缩短,减少蚜虫对植物的刺吸取食时间,可能与乳浆中的某种活性成分促进了蚜虫的蜕皮有关。豌豆蚜产蚜天数和成蚜期的延长可能是由于泽漆乳浆亚致死剂量处理下豌豆蚜日均每雌产蚜量明显下降,而对成蚜寿命产生的一种补偿效应。

本研究还发现,随着泽漆乳浆亚致死剂量的增大,豌豆蚜成蚜的每日每雌产蚜量、日平均产蚜量和总产蚜量均与对照相比明显下降。这与棉蚜^[23,30]、麦长管蚜(*Sitobion avenae*)^[31]等半翅目昆虫的研究结果类似。一方面可能是饲养过程中随着豌豆蚜体内泽漆乳浆活性物质的不断积累,其毒害作用不断增加使得豌豆蚜在发育过程中消耗了较多的能量,从而减少了对生殖的投入,导致豌豆蚜的繁殖潜力受到抑制;另一方面可能与泽漆乳浆中的活性成分影响或抑制豌豆蚜卵巢发育有关。卵黄原蛋白是一种昆虫体内重要的生殖作用相关蛋白质,与雌性昆虫的生殖力密切相关^[32]。有研究发现,在氟啶虫胺胍亚致死剂量作用下,绿盲蝽体内卵黄原蛋白基因

表达量下调,从而导致其生殖力下降^[33]。

综上所述,泽漆乳浆亚致死剂量对豌豆蚜生长发育具有促进作用,而对豌豆蚜生殖具有一定抑制作用,在生产中具有较好的应用前景。本试验主要探讨了泽漆乳浆亚致死浓度对豌豆蚜生长与繁殖等生物学特性的影响,而泽漆乳浆中究竟哪些成分能促进豌豆蚜生长发育和抑制其生殖,其内在机理以及泽漆乳浆的世代累积效应还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 谭海军. 中国生物农药的概述与展望[J]. 世界农药, 2022, 44(4): 16-27.
Tan H J. Review and prospect of biological pesticides in China [J]. World Pesticide, 2022, 44(4): 16-27.
- [2] 张兴, 马志卿, 冯俊涛, 等. 植物源农药研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 685-698.
Zhang X, Ma Z Q, Feng J T, et al. Review on research and development of botanical pesticides [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2015, 31(5): 685-698.
- [3] 袁杨, 杨红艳. 我国生物农药发展历程及应用展望[J]. 南方农业, 2022, 16(11): 59-63.
Yuan Y, Yang H Y. Biopesticides development history and application prospect in China [J]. South China Agriculture, 2022, 16(11): 59-63.
- [4] 杨莉, 陈海霞, 高文远. 泽漆化学成分及药理作用研究进展[J]. 中草药, 2007(10): 1585-1589.
Yang L, Chen H X, Gao W Y. Advances in studies on chemical constituents in *Euphorbia helioscopia* and their biological activities [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2007(10): 1585-1589.
- [5] 秦友沐, 吴艳萍, 欧杜哈, 等. 泽漆化学成分研究[J]. 中草药, 2018, 49(7): 1520-1524.
Qin Y M, Wu Y P, Ou D H, et al. Chemical constituents from *Euphorbia helioscopia* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2018, 49(7): 1520-1524.
- [6] 查显进, 石强, 邵峰, 等. 泽漆化学成分研究[J]. 中草药, 2021, 52(2): 341-348.
Cha X J, Shi Q, Shao F, et al. Chemical constituents from *Euphorbia helioscopia* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(2): 341-348.
- [7] 高红明, 王兆龙, 张彪, 等. 植物提取液对菜青虫的杀虫活性研究[J]. 江苏农业研究, 1999(4): 32-34.
Gao H M, Wang Z L, Zhang B, et al. Insecticidal activity of some plant extracts against *Pieris rapae* [J]. Jiangsu Agricultural Research, 1999(4): 32-34.
- [8] 王振吉, 郑发科. 泽漆乙醇提取物对十星瓢萤叶甲幼虫的拒食作用研究[J]. 四川动物, 2007, 26(1): 114-115.
Wang Z J, Zheng F K. Study on the feeding rejection effect of the ethanol extract of *Euphorbia helioscopia* on the larvae of *Oides decempunctatus* [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2007, 26(1): 114-115.
- [9] 王丽莎, 任淑芳, 郭线茹, 等. 泽漆提取物对烟粉虱触杀活性的初步研究[J]. 华中昆虫研究, 2012, 8: 139-142.
Wang L S, Ren S F, Guo X R, et al. A preliminary study on the touching activity of *Euphorbia helioscopia* extracts against *Bemisia tabae* [J]. Insect Research in Central China, 2012, 8: 139-142.
- [10] 姜双林, 郭小强, 赵国林, 等. 陇东地区杀虫植物资源的研究初报[J]. 西北植物学报, 1999, 19(6): 209-211.
Jiang S L, Guo X Q, Zhao G L, et al. A preliminary study on the resources of botanical insecticides in east Gansu province [J]. Northwest Journal of Botany, 1999, 19(6): 209-211.
- [11] 陈惠, 徐莉, 葛红, 等. 泽漆不同溶剂提取物对菜蚜作用方式的研究[J]. 江西农业学报, 2011, 23(9): 76-77, 80.
Chen H, Xu L, Ge H, et al. Study on action mode of different solvent extractions of *Euphorbia helioscopia* against cabbage aphid [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2011, 23(9): 76-77, 80.
- [12] 程志平, 苏智先, 王劲, 等. 泽漆乳浆及乙醇提取物对桃蚜的生物活性研究[J]. 植物保护, 2007, 33(2): 46-49.
Cheng Z P, Su Z X, Wang J, et al. Insecticidal and antifeeding activity of latex and ethanol extracts of *Euphorbia helioscopia* Linn. against *Myzus persicae* [J]. Plant Protection, 2007, 33(2): 46-49.
- [13] 鞠荣, 徐汉虹, 周利娟. 大戟科杀虫植物生物活性的研究与应用[J]. 广东农业科学, 2005, 6: 56-59.
Ju R, Xu H H, Zhou L J. Research and application of Euphorbiaceae plants in pesticides [J]. Guangdong Agricultural Science, 2005, 6: 56-59.
- [14] 鲍方印, 王松, 陆晓明, 等. 几种植物提取液对甘蓝蚜虫的防治效果[J]. 安徽技术师范学院学报, 2003, 17(3): 243-245.
Bao F Y, Wang S, Lu X M, et al. Control effect of sever insecticide from plant on cabbage aphid [J]. Journal of Anhui Technical Teachers College, 2003, 17(3): 243-245.
- [15] 王丽莎, 田体伟, 王怡, 等. 泽漆提取物对麦长管蚜的生物活性研究[J]. 河南农业科学, 2014, 43(6): 80-84.
Wang L S, Tian T W, Wang Y, et al. Biological activity of *Euphorbia helioscopia* extracts on *Sitobion avenae* [J]. Journal of Henan Agricultural Science, 2014, 43(6): 80-84.
- [16] 马霖, 杜春华, 成光辉, 等. 泽漆叶提取物的除草和抑真菌活性[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 154-155.
Ma L, Du C H, Cheng G H, et al. Herbicidal and fungicidal activities of leaf extracts of *Euphorbia helioscopia*

- [J]. Jiangsu Agricultural Science, 2015, 43(4): 154-155.
- [17] Muhammad M, Abdul M, Mohd A, *et al.* Antinematodal activity of some Malaysian plant extracts against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* [J]. Pesticide Science, 1997, 51(2): 165-170.
- [18] Singh J P, Marwaha K K. Effect of sublethal concentrations of some insecticides on growth and development of maize stalk borer, *Chilo partellus* (Swinhoe) larvae [J]. Shashpa, 2000, 7: 181-186.
- [19] Desneux N, Rafalmanana H, Kaiser. Dose-response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi* [J]. Chemosphere, 2004, 54: 619-627.
- [20] Perveen F. Effects of sublethal doses of chlorfluazuron on the biochemical constituents of eggs of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Canadian Entomologist, 2011, 143(2): 178-184.
- [21] 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.
- Wan N F, Chen X Q, Ji X Y, *et al.* Sublethal effects of *Angelica sinensis* and *Ricinus communis* extracts on the growth, development and fecundity of *Spodoptera exigua* Hübner [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(9): 1135-1141.
- [22] 王小艺,沈佐锐,徐文兵,等. 亚致死剂量杀虫剂对异色瓢虫繁殖力的影响[J]. 应用生态学报, 2003, (8): 1354-1358.
- Wang X Y, Shen Z R, Xu W B, *et al.* Sublethal effects of insecticides on fecundity of multicolored Asian ladybird *Harmonia axyridis*[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, (8): 1354-1358.
- [23] 李志雄,魏引弟,曹巍,等. 苦参碱和藜芦碱亚致死剂量对棉花蚜虫生长发育及繁殖的影响[J]. 农药, 2020, 59(12): 880-884.
- Li Z X, Wei Y D, Cao W, *et al.* Effects of matrine and veratrine sublethal doses on growth, development and reproduction of cotton aphids [J]. Agrochemicals, 2020, 59(12): 880-884.
- [24] 杨焕青,王开运,王红艳,等. 抗吡虫啉棉蚜种群对吡蚜酮等药剂的交互抗性及其施药对其生物学特性的影响[J]. 昆虫学报, 2009, 52(2): 175-182.
- Yang H Q, Wang K Y, Wang H Y, *et al.* Cross-resistance of the imidacloprid-resistant population of *Aphis gossypii* Glover to pymetrozine and other three pesticides and the effects of pesticide application on its biological characteristics [J]. Acta Entomologica Sinica, 2009, 52(2): 175-182.
- [25] 张育霞,张廷伟,史历,等. 外源褪黑素对苜蓿蚜生长发育和繁殖的影响[J]. 生态学杂志, 2023, 42(5): 1150-1154.
- Zhang Y X, Zhang T W, Shi L, *et al.* Effects of exogenous melatonin on the growth and reproduction of *Aphis craccivora*[J]. Chinese Journal of Ecology, 2023, 42(5): 1150-1154.
- [26] Bai Y, Yang C, Halitschke R, *et al.* Natural history guided omics reveals plant defensive chemistry against leafhopper pests [J]. Science, 2022, 375(6580): 2948.
- [27] 蔡璞瑛,毛绍名,章怀云,等. 植物源杀虫剂国内外研究进展[J]. 农药, 2014, 53(8): 547-551, 557.
- Cai P Y, Mao S M, Zhang H Y, *et al.* Current progress in research of botanical insecticides in China and Worldwide [J]. Agrochemicals, 2014, 53(8): 547-551, 557.
- [28] Gracz-Bernaciak J, Mazur O, Nawrot R. Functional studies of plant latex as a rich source of bioactive compounds: focus on proteins and alkaloids [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(22): 12427.
- [29] 李建飞. 植物源杀虫剂概述[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(1): 160-182.
- Li J F. Overview of plant-derived insecticides [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2009, 15(1): 160-182.
- [30] 蒋恩顺,朱毅,王江勇. 黄荆提取物对棉蚜的生物活性[J]. 昆虫学报, 2016, 59(5): 538-545.
- Jiang E S, Zhu Y, Wang J Y. Biological effectiveness of extracts from *Vitex negundo* against *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2016, 59(5): 538-545.
- [31] 李叶,宋维虎,李鸿雁,等. 两种药剂亚致死浓度对麦长管蚜实验种群参数的影响[J]. 植物保护, 2021, 47(2): 122-127.
- Li Y, Song W H, Li H Y, *et al.* Effects of sublethal concentrations of two pesticides on the population density of *sitobion miscanthi* [J]. Plant Protection, 2021, 47(2): 122-127.
- [32] Li J L, Huang J X, Cai W Z, *et al.* The vitellogenin of the bumblebee, *Bombus hypocrita*: studies on structural analysis of the cDNA and expression of the mRNA) [J]. Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology, 2010, 180(2): 161-170.
- [33] Zhen C G, Miao L, Gao X W. Sublethal effects of sulfoxalor on biological characteristics and vitellogenin gene (*AlVg*) expression in the mirid bug, *Apolygus lucorum* (Meyer-Dur) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2018, 144(1): 57-63.

□

(编辑: 杨晓翠 张丽红)