

泽漆提取物对麦长管蚜的生物活性研究

王丽莎, 田体伟, 王 怡, 李为争, 郭线茹*

(河南农业大学 植物保护学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 为了进一步研究泽漆提取物的杀虫活性, 采用浸渍法以 95% 乙醇从泽漆茎叶干粉中提取活性物质, 然后分别用石油醚、氯仿、乙酸乙酯和正丁醇对泽漆乙醇浸提物进行萃取, 在室内测定了 4 种溶剂提取物对麦长管蚜的触杀和内吸活性。结果表明, 4 种提取物对麦长管蚜均有触杀作用, 其中氯仿提取物的触杀活性最高, 其次为石油醚提取物, 二者致死中质量浓度 (LC_{50}) 分别为 439.61 mg/L 和 552.63 mg/L。4 种提取物对麦长管蚜的内吸活性差异较大, 其中氯仿提取物的生物活性最好, 处理后 3 d, 其 4 000 mg/L、8 000 mg/L 和 16 000 mg/L 处理的校正死亡率分别为 85.23%、83.42% 和 91.40%, 正丁醇提取物次之, 石油醚提取物活性最低。各提取物对麦蚜的内吸活性与处理剂量和作用时间呈正相关。以上结果说明, 泽漆提取物含有对麦长管蚜具有触杀和内吸活性的物质。

关键词: 泽漆; 提取物; 麦长管蚜; 触杀活性; 内吸活性; 生物活性

中图分类号: S435.122⁺.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)06-0080-05

Biological Activity of *Euphorbia helioscopia* Extracts on *Sitobion avenae*

WANG Li-sha, TIAN Ti-wei, WANG Yi, LI Wei-zheng, GUO Xian-ru*

(Plant Protection College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to study the insecticidal activities of *Euphorbia helioscopia* extracts, the active substances of dry powders of *Euphorbia helioscopia* stems and leaves were extracted initially with 95% ethanol using impregnation method, and the ethanol extracts were further extracted by petroleum ether, chloroform, ethyl acetate and N-butanol separately. The 4 kinds of extract obtained were used to determine contact activity and systemic activity to *Sitobion avenae* in laboratory. The contact activity test showed that the 4 kinds of extract were toxic to the adult aphid with the highest toxicity of chloroform extract ($LC_{50}=439.61$ mg/L), followed by petroleum ether extract with LC_{50} of 552.63 mg/L. Significant difference was found in the systemic activity of 4 extracts on the aphid, among which chloroform extract at 4 000 mg/L, 8 000 mg/L and 16 000 mg/L presented best biological activity with the corrected mortality of 85.23%, 83.42% and 91.40% after 3 days, followed by N-butanol extract, and petroleum ether extract showed lowest activity. The systemic activity of each extract was positively related to its dosage and treatment time. These illustrate that the *Euphorbia helioscopia* extracts contain some bioactive substances to *Sitobion avenae*.

Key words: *Euphorbia helioscopia*; extract; *Sitobion avenae*; contact activity; systemic activity; biological activity

收稿日期: 2013-12-26

基金项目: 河南省科技攻关项目 (112102310322)

作者简介: 王丽莎 (1987-), 女, 河南鹤壁人, 在读硕士研究生, 研究方向: 昆虫化学生态学。E-mail: wanglisha2014@163.com

* 通讯作者: 郭线茹 (1963-), 女, 河南偃师人, 教授, 博士, 主要从事昆虫生态学方面的研究和教学工作。

E-mail: guoxianru@126.com

泽漆(*Euphorbia helioscopia*)为大戟科(*Euphorbiaceae*)大戟属(*Euphorbia*)植物,别名五朵云、五灯草、五凤草、猫儿眼睛草等,分布于亚欧大陆、北非以及中国大陆,在我国分布于除新疆和西藏以外的省区,常生长在荒野、路旁、山沟以及山坡,是河南省农田的主要杂草。泽漆性微寒,味苦,有毒,《本草纲目》记载其具有利水消肿、化痰止咳、散结、杀虫等功效^[1],其茎叶提取物对桃蚜(*Myzus persicae*)^[2-4]、棉蚜(*Aphis gossypii*)^[5]和甘蓝蚜(*Brevicoryne brassicae*)^[6]等具有一定的毒杀作用,对昆虫的作用方式不仅表现为触杀活性^[3-4,7-11]和胃毒活性^[4,7-8],还表现出拒食活性^[4-5,7-9],其对昆虫生长发育抑制作用明显^[6]。郭线茹等^[12]初步研究发现,泽漆正丁醇提取物对黄瓜和豆角上的美洲潜叶蝇(*Liriomyza sativae*)幼虫具有一定的毒杀作用,由于美洲斑潜蝇幼虫潜蛀于叶片内取食叶肉,据此推测泽漆提取物对植物叶片还具有较强的渗透作用。

麦蚜是危害我国小麦的主要害虫,其中麦长管蚜(*Sitobion avenae*)在黄淮海麦区危害尤为严重,是各地危害小麦的优势种蚜虫^[13-14]。麦长管蚜主要在小麦植株的中上部危害,小麦抽穗后转至穗部取食^[15];被害叶片呈浅黄色斑点,严重时导致黄叶、卷叶,甚至整株枯死,穗部受害时造成麦粒干瘪,苗期危害时还可传播大麦黄矮病等多种病毒病^[16]。其排泄的蜜露会引起煤污病,造成面粉品质的降低^[17]。由于化学杀虫剂的长期使用,麦长管蚜对常规杀虫剂及一些新型杀虫剂均产生了不同程度的抗性^[18-20],寻找高效低毒的替代药剂十分重要。为此,研究了泽漆提取物对麦长管蚜的触杀和内吸活性,以期对泽漆的进一步开发利用以及防治麦长管蚜新型药剂的开发奠定基础。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 供试植物 泽漆采集于河南农业大学科教园区。于盛花期整株采集,去根后将茎叶充分阴干,然后剪成1 cm长的小段,用小型粉碎机粉碎,过0.425 mm筛,得泽漆干粉。

1.1.2 供试昆虫 供试麦长管蚜初始种群采自河南农业大学科教园区的小麦田,在GB-250 GS II型人工气候箱中用小麦(品种为矮抗58)饲养10代以上。室内饲养条件:温度(23 ± 1)℃,相对湿度(85 ± 5)%,光周期(L:D)16:8。

1.2.3 主要试剂及仪器 丙酮、95%乙醇、石油醚、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇均为分析纯,吐温20为化学纯;

仪器包括梨形分液漏斗、真空泵、旋转蒸发仪、小型粉碎机等。

1.2 方法

1.2.1 泽漆浸膏的制备 每100 g泽漆干粉加入500 mL的95%乙醇进行浸泡,24 h后抽滤,保存滤液,滤渣加入95%乙醇继续浸泡,如此重复3次,合并滤液,用旋转蒸发仪减压浓缩成膏状,浸膏于4℃冰箱保存备用。各取5 g浸膏悬浮于100 mL蒸馏水中,分别用石油醚、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇100 mL进行萃取,将各溶剂萃取液进行旋转蒸发,减压浓缩成膏状,得到石油醚、氯仿、乙酸乙酯和正丁醇浸膏,保存于4℃冰箱。

1.2.2 泽漆处理液的制备 将不同溶剂获得的浸膏溶于丙酮制成100 mg/mL的原药,加入0.25 mL的乳化剂吐温20,然后用蒸馏水分别稀释成1 000、2 000、4 000、8 000、16 000 mg/L的药液。

1.2.3 触杀活性测定 触杀活性测定采用联合国粮农组织(FAO)推荐的玻片浸渍法^[21]。玻片规格25.4 mm×76.2 mm,用双面胶将大小一致的无翅健壮麦长管蚜成蚜背部粘在玻片上,腹部朝上,附肢能自由活动,每玻片30头。然后将玻片放入配好的处理液中浸泡10 s,取出后用滤纸吸去多余的药液,15 min后放入铺有湿滤纸的直径为120 mm的培养皿内,置于人工气候箱中,24 h后调查各处理的蚜虫死亡情况。死亡标准:用软毛笔轻触蚜虫足和触角时无反应。以蒸馏水处理作为空白对照(CK),丙酮、吐温20稀释液为溶剂对照,25 g/L高效氯氟氰菊酯乳油(先正达南通作物保护有限公司生产)2 500倍液为药剂对照。每个处理重复4次。

1.2.4 内吸活性测定 内吸活性测定采用连续浸液法,参照中华人民共和国农业行业标准NY/T 1154.4—2006^[22]进行。选取6日龄带根的健壮小麦植株,将其根部洗净、晾干,然后将根部插入装有样品及对照处理液的烧杯中,置于人工气候箱内,以保证植株根系正常生长。24 h后取出,将其茎叶部未接触到处理液的部分剪成5 cm长的小段,置于铺有湿滤纸的直径90 mm的培养皿中。每皿接入30头大小一致的无翅健壮麦长管蚜成蚜,用扎孔保鲜膜封口,盖上皿盖放入人工气候箱中培养,处理1、2、3 d后观察麦长管蚜死亡情况。以蒸馏水处理作为空白对照(CK),丙酮、吐温20稀释液为溶剂对照,25%吡虫啉可湿性粉剂(河北润达农药化工有限公司生产)400 mg/L稀释液为药剂对照。每个处理重复3次。

1.2.5 数据分析 麦长管蚜死亡率和校正死亡率的计算公式为:

$$\text{死亡率} = \frac{\text{处理前虫口基数} - \text{处理后活虫数}}{\text{处理前虫口基数}} \times 100\%,$$

$$\text{校正死亡率} = \frac{\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}}{1 - \text{对照组死亡率}} \times 100.$$

利用 Excel 2003 计算毒力回归方程、致死中质量浓度 (LC_{50})、95% 的置信区间, 用 DPS v7.05 软件采用 Duncan's 新复极差法对数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 泽漆提取物对麦长管蚜的触杀活性

试验结果(表 1)表明, 泽漆 4 种溶剂提取物对麦长管蚜均有较好的触杀作用, 校正死亡率随着提

取物剂量的增加而提高。其中石油醚、氯仿、乙酸乙酯和正丁醇提取物 16 000 mg/L 处理的校正死亡率分别为 96.19%、99.07%、79.17% 和 74.15%。石油醚提取物 4 000、8 000、16 000 mg/L 处理, 氯仿提取物 8 000、16 000 mg/L 处理与药剂对照间差异不显著, 而乙酸乙酯和正丁醇提取物各处理对麦长管蚜的防效显著低于对照药剂。

由表 2 可以看出, 泽漆氯仿提取物对麦长管蚜的触杀活性最高, LC_{50} 为 439.61 mg/L; 其次为石油醚提取物, LC_{50} 为 552.63 mg/L; 泽漆不同溶剂提取物对麦长管蚜的触杀活性效果依次为: 氯仿提取物 > 石油醚提取物 > 乙酸乙酯提取物 > 正丁醇提取物。

表 1 泽漆提取物对麦长管蚜的触杀活性

处理剂量/ (mg/L)	校正死亡率/%			
	石油醚提取物	氯仿提取物	乙酸乙酯提取物	正丁醇提取物
1 000	59.79±8.24bC	78.03±6.78cB	43.84±4.08cC	11.36±4.62eD
2 000	74.11±7.96bBC	75.14±7.17cB	46.48±9.77cC	15.24±4.16deD
4 000	91.52±3.47aAB	88.53±5.23bcAB	51.57±6.25cC	25.64±4.88cdCD
8 000	92.31±3.51aAB	96.19±2.72abA	61.01±5.81cBC	41.92±6.86cC
16 000	96.19±1.57aA	99.07±0.93aA	79.17±4.81bB	74.15±7.50bB
高效氯氟氰菊酯 2 500 倍液	99.04±0.96aA	99.04±0.96aA	99.04±0.96aA	99.04±0.96aA

注: 表中数据为平均值±标准误, 同列小、大写字母不同分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著, 表 3 同。

表 2 泽漆提取物对麦长管蚜触杀活性的毒力回归方程

供试药剂	毒力回归方程	LC_{50} /(mg/L)	相关系数	95% 的置信区间
石油醚提取物	$y=1.272\ 1x+1.511\ 3$	552.63	0.967\ 9	399.50~764.45
氯仿提取物	$y=1.414\ 5x+1.261\ 4$	439.61	0.953\ 6	305.22~633.17
乙酸乙酯提取物	$y=0.764\ 8x+2.422\ 5$	2\ 344.07	0.929\ 4	1\ 700.33~3\ 231.54
正丁醇提取物	$y=1.505\ 7x-0.912\ 4$	8\ 446.74	0.965\ 1	7\ 076.27~10\ 082.64

2.2 泽漆提取物对麦长管蚜的内吸活性

泽漆提取物不同剂量对麦长管蚜的内吸作用效果见表 3。药剂处理后 1 d, 速效性较好的处理依次为石油醚提取物 16 000 mg/L、氯仿提取物 16 000 mg/L、氯仿提取物 2 000 mg/L 和正丁醇提取物 8 000 mg/L, 其对麦长管蚜的校正死亡率均在 20% 以上; 而乙酸乙酯、正丁醇提取物 16 000 mg/L 处理的校正死亡率仅为 12.39% 和 19.11%。

药剂处理后 2 d, 校正死亡率达 50% 以上的有石油醚提取物 16 000 g/L 处理, 氯仿提取物 2 000、4 000、8 000、16 000 mg/L 处理, 正丁醇提取物 8 000、16 000 mg/L 处理。与药剂对照相比, 除了石油醚提取物 1 000、2 000、4 000 mg/L 和乙酸乙酯提

取物 1 000 mg/L 处理的作用效果偏低外, 其他处理均高于药剂对照。不同提取物同一剂量间作用效果差别较大, 其中氯仿提取物各剂量处理的效果均较好。而同一提取物随着剂量的增加, 作用效果呈提高趋势, 但石油醚、氯仿和乙酸乙酯提取物 4 000 mg/L 处理的作用效果低于其 2 000 mg/L 处理。

药剂处理后 3 d, 氯仿提取物、正丁醇提取物 16 000 mg/L 处理作用效果分别为 91.40% 和 97.10%。石油醚提取物和乙酸乙酯提取物 16 000 mg/L 处理, 氯仿提取物 2 000 mg/L 处理, 氯仿提取物和正丁醇提取物 4 000、8 000、16 000 mg/L 处理与药剂对照相比作用效果差异极显著。不同提取物同一剂量间作用效果差别较大, 其中氯仿提取物各剂量处理的效果均较好, 这与药剂处理后 2 d 的结果一致。而同一提

取物的不同剂量处理,总体上作用效果与剂量呈正相关,但石油醚提取物 4 000 mg/L 处理的作用效果低于其 2 000 mg/L 的处理,氯仿提取物 8 000 mg/L 处理的作用效果低于其 4 000 mg/L 的处理。

同一处理随着作用时间的累积,对麦长管蚜的生物活性逐渐提高。对比不同溶剂提取物作用效果可知,氯仿提取物效果最好,其次为正丁醇提取物,石油醚提取物效果最差。

表 3 泽漆提取物对麦长管蚜的内吸活性 %

处理	药后 1 d		药后 2 d		药后 3 d	
	死亡率	校正死亡率	死亡率	校正死亡率	死亡率	校正死亡率
CK	7.78±4.01	—	12.22±2.94	—	22.22±2.94	—
溶剂对照	13.33±6.94	5.70±8.53	22.22±8.01	11.24±9.48	36.67±4.14	18.63±3.73
药剂对照	15.56±2.94	7.95±6.13	24.44±4.01	13.46±7.28	34.44±5.56	15.97±4.12FGH
S 1 000 mg/L	1.11±1.11	—7.55±3.78	7.78±2.94	—5.33±5.33	23.33±1.92	1.33±1.33H
S 2 000 mg/L	17.78±4.01	10.20±7.86	23.33±5.09	12.13±8.53	36.67±5.09	18.77±4.33FG
S 4 000 mg/L	12.22±5.88	4.96±3.43	18.89±7.29	7.86±6.16	28.48±4.48	8.20±2.72GH
S 8 000 mg/L	17.78±7.29	11.13±4.39	26.67±8.39	16.83±6.93	42.22±6.19	25.50±8.49FG
S 16 000 mg/L	41.11±1.11	35.98±2.04	61.11±1.11	55.61±1.81	72.22±2.94	64.40±2.79BCDE
L 1 000 mg/L	16.67±3.85	9.21±6.55	38.89±7.78	30.10±9.91	58.89±4.01	47.34±3.60EF
L 2 000 mg/L	31.11±6.76	25.24±7.19	58.89±6.19	53.52±5.37	77.78±4.01	71.38±5.27BCDE
L 4 000 mg/L	22.22±5.56	15.72±4.55	56.67±8.82	50.64±10.13	88.89±4.84	85.23±6.77AB
L 8 000 mg/L	21.11±11.11	14.40±12.00	60.00±5.09	54.46±5.49	86.67±6.94	83.42±8.48AB
L 16 000 mg/L	37.78±4.01	32.11±6.13	70.00±3.33	65.55±4.82	93.33±0	91.40±0.32AB
Y 1 000 mg/L	6.67±1.92	—1.75±6.29	17.78±4.01	6.00±6.34	28.74±1.12	8.10±3.95GH
Y 2 000 mg/L	7.78±1.11	—0.46±5.36	32.22±5.88	22.17±9.15	44.44±8.01	28.67±9.59FG
Y 4 000 mg/L	13.33±3.85	5.59±6.67	27.78±1.11	17.55±2.85	53.33±6.94	39.45±10.70EF
Y 8 000 mg/L	20.00±3.33	13.01±4.61	40.00±1.92	31.44±3.74	60.00±3.33	48.67±3.21CDEF
Y 16 000 mg/L	20.00±6.94	12.39±10.53	53.33±8.82	46.40±10.81	85.56±4.44	81.05±6.44ABCD
Z 1 000 mg/L	6.67±1.92	—1.62±5.32	30.00±1.92	19.93±4.80	54.44±6.76	41.63±7.55EF
Z 2 000 mg/L	15.56±1.11	8.03±4.82	34.44±2.94	25.11±4.60	60.00±5.09	48.11±8.15DEF
Z 4 000 mg/L	15.56±4.01	7.78±7.78	46.67±5.77	38.83±7.82	75.56±1.11	68.40±2.48BCDE
Z 8 000 mg/L	27.78±2.94	21.13±6.42	58.89±11.60	52.45±13.98	84.44±9.09	79.40±12.62ABC
Z 16 000 mg/L	25.56±5.56	19.11±6.35	71.11±6.19	67.16±6.81	97.78±2.22	97.10±2.90A

注:处理列中大写字母 S、L、Y、Z 分别代表泽漆石油醚、氯仿、乙酸乙酯和正丁醇提取物。

3 结论与讨论

本试验结果显示,泽漆不同溶剂提取物对麦长管蚜均有一定的触杀和内吸作用,这说明泽漆茎叶中含有对麦长管蚜具有生物活性的物质。综合触杀作用和内吸作用测定结果可以看出,氯仿提取物对麦长管蚜的生物活性最强,在触杀试验中,其 LC₅₀ 仅为 439.61 mg/L,而石油醚、乙酸乙酯和正丁醇提取物的 LC₅₀ 分别为 552.63、2 344.07、8 446.74 mg/L;从内吸活性看,处理后 3 d 氯仿提取物除 1 000 mg/L 外的 4 种剂量处理对麦蚜的校正死亡率均极显著高于对照药剂,而其他 3 种提取物特别是石油醚和乙酸乙酯提取物仅高质量浓度处理与对照药剂呈极显著差异。这可能是因为泽漆茎叶中具有触杀和内吸作用的生物活性物质极易溶于氯仿或者是在氯仿中有较好的稳定性。泽漆石油醚提取物

对麦长管蚜的触杀活性优于内吸活性,而正丁醇提取物的内吸活性高于触杀活性,说明泽漆中具有触杀或内吸作用的生物活性物质不尽相同,它们在 4 种溶剂中的溶解度或稳定性也存在差异。

我国很早就开展了关于泽漆杀虫活性的研究。甘肃省白银市会宁县早在 1977 年就展开了利用泽漆配制土农药来防治黏虫 (*Mythimna separata*) 和蚜虫的研究工作,且取得了很好的效果^[23]。另外,许多地区进行杀虫植物资源调查时也发现泽漆对害虫有毒杀作用,且不同部位效果不尽相同。如泽漆根提取液对菜青虫 (*Pieris rapae*)、桃蚜、山楂叶螨 (*Tetranychus viennensis*) 有强烈的毒杀作用^[2];泽漆的茎叶有杀虫杀菌作用^[24];其乳浆对桃蚜有明显的触杀和拒食活性^[4];其种子的丙酮提取物具杀软体动物活性^[5]。本研究结果表明,泽漆茎叶提取物对麦蚜具有杀虫活性。这些研究结果为泽漆生物活

性物质的进一步开发利用提供了重要参考依据。

关于泽漆的化学成分,中药学上研究较多。据报道,泽漆主要含二萜酯类^[25-26]、黄酮类^[27]和多酚类^[28]化合物,另外还有三萜、甾醇、氨基酸、天然油脂类化合物等多种成分。但在农业生产上还未见关于泽漆提取物中杀虫活性成分的研究,其杀虫机制也尚不明确。鉴于泽漆对多种农业害虫表现出较好的生物活性,因此需继续进行泽漆杀虫活性成分的鉴定和杀虫作用机制研究,以明确杀虫活性物质,对泽漆进行综合开发利用,充分发挥其资源价值。

参考文献:

- [1] 马继兴. 神农本草经辑注[M]. 北京:人民卫生出版社, 1995.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 鞠荣,徐汉虹,周丽娟. 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):55-59.
- [6] 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.
- [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,1999,20(4):32-34.
- [8] 何恒果. 泽漆提取液对菜青虫的生物活性[J]. 安徽农业科学,2010,38(16):8484-8485.
- [9] 胡冠芳,刘敏艳,李玉奇,等. 甘肃天然草地 30 种有毒植物提取物对菜粉蝶幼虫的拒食和触杀作用研究[J]. 草业学报,2011,20(5):169-176.
- [10] 李美,高兴祥,高宗军,等. 苍耳等 48 种植物提取物的杀虫活性[J]. 植物资源与环境学报,2008,17(1):33-37.
- [11] 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[C]. 华中昆虫研究,2012,8:139-142.
- [12] 郭线茹,李远,姬继超,等. 泽漆提取物对美洲斑潜蝇室内毒杀活性的初步研究[C]. 华中昆虫研究,2011,7:33-37.
- [13] 段灿星,王晓鸣,朱振东,等. 我国小麦抗麦长管蚜(*Sitobion avenae*)研究概况[J]. 植物遗传资源学报,2003,4(2):175-178.
- [14] 梁荣先,杜兰花,景云飞,等. 晋中盆地麦蚜发生为害程度及原因分析[J]. 山西农业科学,2004,32(3):51-53.
- [15] 孙雪梅,李艳红,刘素珍. 2010 年丰县小麦蚜虫发生特点及防治措施[J]. 现代农业科技,2011(9):160.
- [16] 相建华. 麦蚜的发生特点与防治对策[J]. 现代农业科技,2007(11):70.
- [17] 师桂英,尚勋武,王化俊,等. 麦长管蚜(*Sitobion avenae* F.)危害对春小麦面粉品质性状及面团流变学特性的影响[J]. 作物学报,2009,35(12):2273-2279.
- [18] 魏岑,黄绍宁,范贤林,等. 麦长管蚜的抗药性研究[J]. 昆虫学报,1998,31(2):148-156.
- [19] 韩晓莉,高占林,党志红,等. 不同地区麦长管蚜对氯代烟酰胺类杀虫剂的敏感性[J]. 华北农学报,2007,22(5):157-160.
- [20] 邱高辉,姚远,韩召军. 麦长管蚜对吡虫啉的抗性机理研究[J]. 南京农业大学学报,2008,31(2):67-70.
- [21] 任月萍,刘生祥,张春梅. 六种杀虫剂对四种蚜虫的毒力测定[J]. 宁夏农学院学报,2000,21(1):41-43.
- [22] 中华人民共和国农业部. NY/T 1154. 4—2006 农药室内生物测定试验准则——杀虫剂第 4 部分:内吸活性试验——连续浸渍法[S]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [23] 万全琳. 土农药——泽漆[J]. 甘肃农业科技,1980(4):26.
- [24] 田永辉,张道贵,刘明. 贵州省湄潭地区杀虫杀菌植物资源调查研究[J]. 中国农学通报,2003,19(5):131-136.
- [25] Yamamura S, Shizuri Y, Kosemura S, et al. Diterpenes from *Euphorbia helioscopia* [J]. Phytochemistry, 1989,28(12):3421-3436.
- [26] Zhang W, Guo Y W. Chemical studies on the constituents of the Chinese medicinal herb *Euphorbia heioscopia* L [J]. Chem Pharm Bull, 2006, 54(7):1037-1039.
- [27] Asa K, Noboru K. Some Properties of a new flavonoid, tithymalin, isolated from the herbs of *Euphorbia heioscopia* Linnaeus [J]. Agric Biol Chem, 1968, 32(1):121-122.
- [28] Abdulladzhanova N G, Mavlyanov S M, Dalimov D N. Polyphenols of certain plants of the Euphorbiaceae family[J]. Chem Nat Comp, 2003,39(4):399-400.