

雷公藤总生物碱对几种昆虫的生物活性

周琳^{1,2}, 冯俊涛¹, 张锦恬¹, 马志卿^{1*}, 张兴¹

(1. 陕西省生物农药工程技术研究中心, 西北农林科技大学无公害农药研究服务中心, 杨凌 712100;

2. 河南省林业科学研究院, 郑州 450008)

摘要 为进一步确定雷公藤总生物碱的杀虫作用谱和作用方式, 评价其应用前景, 采用室内生测法研究了对小菜蛾、菜青虫、棉铃虫、黏虫、玉米象、桃蚜、山楂叶螨、家蝇的生物活性。结果表明, 雷公藤总生物碱对小菜蛾3龄幼虫、黏虫3龄幼虫、菜青虫5龄幼虫、桃蚜无翅成蚜、山楂叶螨雌成螨和棉铃虫3龄幼虫48 h的毒杀活性 LC_{50} 分别为228.28、306.39、307.61、0、435.90、622.17、653.00 mg/L, 72 h后 LC_{50} 分别为136.67、216.12、238.18、309.67、485.36、463.00 mg/L; 对家蝇成虫也有较好的毒杀作用; 对棉铃虫幼虫生长有明显抑制作用; 对玉米象有较强的种群抑制作用。

关键词 雷公藤; 总生物碱; 杀虫活性; 作用方式

中图分类号 S 482.39

Bioactivity of the total alkaloid from *Tripterygium wilfordii* Hook against several important pests

Zhou Lin^{1,2}, Feng Juntao¹, Zhang Jintian¹, Ma Zhiqing¹, Zhang Xing¹

(1. Technology and Engineering Centre of Biopesticide, Shaanxi Province, Research and Development Centre of Biorational Pesticide, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Forestry Institute of Henan, Zhengzhou 450008, China)

Abstract The bioactive spectra and action modes of the total alkaloid from *Tripterygium wilfordii* Hook to *Plutella xylostella* (L.), *Pieris rapae*, *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Mythimna separata* Walker, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), *Myzus persicae* (Sulzer), *Tetranychus viennensis* Zacher and *Musca domestica* L. were investigated. The results showed that its LC_{50} values to the 3rd instar larvae of *P. xylostella* after treatment for 48 h and 72 h were 228.28 mg/L and 136.67 mg/L, respectively, while those to the 3rd instar larvae of *M. separata* were 306.39 mg/L and 216.12 mg/L, respectively and 653 mg/kg and 463 mg/kg to the 3rd instar larvae of *H. armigera*. Its LC_{50} values to the 5th instar larvae of *P. rapae* were 307.61 mg/L and 238.18 mg/L, respectively, 435.90 mg/L and 309.67 mg/L to the wingless adults of *M. persicae*, and 622.17 mg/L and 485.36 mg/L to the female adults of *T. viennensis*, respectively. The total alkaloid was also toxic to *M. domestica* adults. The alkaloid imposed a great influence on the growth of *H. armigera* after 3th instars fed by the foods treated with the alkaloid. The larvae had a acute reduction in body weight, compared with the control. The alkaloid also had a strong inhibitory effect on the population size of *S. zeamais*. The alkaloid was more toxic to many pests and had more modes of action. It is therefore promising in IPM.

Key words *Tripterygium wilfordii* Hook; total alkaloid; insecticidal activity; mode of action

雷公藤(*Tripterygium wilfordii* Hook. f.) 为卫矛科雷公藤属植物, 又名黄藤根、霹雳木, 是传统

的中草药, 具有祛风除湿、活血通络、消肿止痛、杀虫解毒的功效。目前, 已广泛应用于类风湿性关节炎、

收稿日期: 2007-04-13 修订日期: 2007-10-23

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2004BA516A04)

* 通讯作者 E-mail: maer63@sina.com

肾病综合征、系统性红斑狼疮、器官移植排斥反应等各类免疫性疾病的治疗^[1]。在我国民间,很早以前就用雷公藤防治各种农业害虫,为著名的杀虫植物之一,故又名“菜虫药”。雷公藤杀虫作用的研究始于20世纪30年代。陈同素报道雷公藤对家蚕(*Bombyx mori*)有毒杀、拒食和触杀作用,其有效成分分布于根系^[2];还有报道雷公藤植物的根皮粉及其抽提物对菜粉蝶(*Pieris rapae* L.)、蓖麻夜蛾(*Ophiura janata*)、苹尺蛾(*Paleacrita vernata*)等多种鳞翅目幼虫及筛豆龟蜡(*Megacopta cribraria*)、黄守瓜(*Aulacophora femoralis*)等有拒食、胃毒、麻痹作用,对甘蔗棉蚜(*Ceratovacuna lanigera*)、棉大卷叶螟(*Sylepta derogata*)、苋菜螟(*Hymenia recurvalis* Fabricius)有触杀作用^[3]。1935年雷公藤被引种到美国,发现雷公藤根粉对家蚕、苹天幕毛虫(*Malacosoma americanum*)、马铃薯叶甲(*Leptinotarsa decemlineata*)有拒食和胃毒作用^[4]。华南农业大学从1980年开始对雷公藤的特异性杀虫作用进行了较为详细的研究。赵善欢报道雷公藤及其根皮提取物对三化螟幼虫有强烈的胃毒作用^[5]。张兴等又发现了其对贮粮害虫玉米象和米象有非常显著的种群抑制作用^[6]。关于雷公藤粗提物的杀虫活性虽有较多报道,但关于其杀虫活性成分的研究较少。Beroza等从雷公藤根皮中分离出5种有杀虫活性的生物碱—wilforine、wilfordine、wilfortrine、wilforgine、wilforzine^[7],近年来,西北农林科技大学无公害农药研究服务中心从雷公藤根皮中又分离出一种首次报道其杀虫活性的生物碱 euonine,对总生物碱及杀虫生物碱单体的杀虫活性进行了较为系统的研究,初步明确了该植物中的主要杀虫活性成分为生物碱和雷公藤甲素^[8],并以雷公藤总生物碱为主要活性成分成功开发出了1.0%雷公藤生物碱乳油^[9]。本文以小菜蛾[*Plutella xylostella* (L.)]、黏虫(*Mythimna separata* Walker)等8种重要害虫为试验对象,测定了雷公藤总生物碱的杀虫活性强度和作用方式,为进一步确定其作用谱、作用方式以及评价雷公藤的杀虫作用和应用前景提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

雷公藤总生物碱:纯度为95%,由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心从雷公藤根皮粉中

分离所得。

1.2 供试昆虫

小菜蛾、菜青虫(*Pieris rapae*)、黏虫、棉铃虫[*Helicoverpa armigera* (Hübner)]、玉米象[*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)]、桃蚜[*Myzus persicae* (Sulzer)]、山楂叶螨(*Tetranychus viennensis* Zacher)、家蝇(*Musca domestica* L.)均由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心养虫室[T=(25±1)℃;RH=70%~80%;L/D=12 h//12 h]提供。

1.3 生物活性测定方法

1.3.1 毒杀作用测定

对小菜蛾、菜青虫、黏虫的毒杀作用测定采用小叶碟添加法^[10];对棉铃虫的毒杀作用测定采用饲料混毒法^[11];对桃蚜的毒杀作用测定参照张宗炳的直接浸液法^[12];对山楂叶螨的毒杀作用测定采用FAO推荐的叶片浸渍法^[13]。每浓度重复3次,每重复10头虫。分别于处理后48 h和72 h统计死亡率,并以Abbott公式校正,以几率值分析法求毒力回归方程及毒杀中浓度(LC₅₀)。

对家蝇的毒杀作用测定方法为:将雷公藤总生物碱用丙酮溶解后,再用20%蔗糖溶液配成500、1 000、1 500 mg/L不同浓度的药液(丙酮含量为11.11%),将脱脂棉球在药液中浸湿后放于250 mL三角瓶中,每瓶接入家蝇成虫20头。以含11.11%丙酮的蔗糖溶液为对照。每处理重复3次。分别于处理后4 h记载击倒虫量,统计48 h死亡率。

1.3.2 生长发育抑制作用测定

参照王兴林等的方法^[11]。处理3 d后改喂正常饲料,分别于处理后1、3、5、7 d称量幼虫体重,计算体重增长抑制率。体重增长抑制率=(对照组体重增加量—处理组体重增加量)/对照组体重增加量×100%。

1.3.3 种群抑制作用测定

采用饲料混药法^[14]。将小麦于烘箱中(80℃)消毒2 h,调整含水量至约14%。分别称取90 g放于4个250 mL三角瓶中,分别加入4 mL不同浓度雷公藤总生物碱的丙酮溶液,使总生物碱在饲料中的浓度分别为100、500、1 000、2 000 mg/kg。以丙酮为对照。迅速混匀后,于通风橱中挥干溶剂,将处理好的小麦等量分装于高7.5 cm、直径3 cm的3个塑料瓶中,瓶盖有一带纱网的通气孔。每瓶接入40头玉米象成虫,置养虫室内饲养。处理

15 d后,检查死虫数,计算校正死亡率;33 d后,筛出成虫,检查各处理的死虫数,求出死亡率,并于67 d时检查下一代(F_1)成虫数,计算种群抑制率;从以上各处理3个重复的筛出存活成虫中随机挑取15头,加入盛有正常小麦的塑料盒中,67 d后检查各处理下一代(F_1)成虫数,计算种群抑制率。种群抑制率= $[(\text{对照组成虫数}-\text{处理组成虫数})/\text{对照组成虫数}]\times 100\%$ 。

1.4 数据处理

利用SPSS软件中ANOVA方法对试验数据进行方差分析,并用Duncan’s新复极差法比较数据之间的差异显著性。采用几率值分析法求取直线回归方程,并求 LC_{50} 。

表1 雷公藤总生物碱对6种害虫的毒杀作用

供试昆虫	处理时间/h	毒力曲线($y=$)	相关系数	LC_{50} (95%置信限)/ $mg\cdot L^{-1}$
小菜蛾3龄幼虫	48	$0.129\ 1+2.065\ 3\ x$	0.982\ 9	228.28(165.39~315.10)
	72	$-0.068\ 0+2.373\ 0\ x$	0.998\ 5	136.67(103.48~180.49)
菜青虫5龄幼虫	48	$0.409\ 8+1.844\ 9\ x$	0.988\ 3	307.61(230.17~411.11)
	72	$0.484\ 4+1.899\ 8\ x$	0.994\ 6	238.18(170.72~332.30)
棉铃虫3龄幼虫	48	$6.389\ 8+1.172\ 6\ x$	0.993\ 7	653.00(430.00~990.00)
	72	$6.859\ 8+1.394\ 0\ x$	0.987\ 3	463.00(310.00~680.00)
黏虫3龄幼虫	48	$-5.389\ 2+4.178\ 6\ x$	0.968\ 0	306.39(243.30~385.84)
	72	$-2.337\ 3+3.142\ 7\ x$	0.953\ 1	216.12(189.82~246.06)
桃蚜无翅成蚜	48	$0.7164+1.623\ 0\ x$	0.989\ 8	435.90(366.51~518.43)
	72	$0.041\ 2+1.990\ 8\ x$	0.997\ 1	309.67(264.81~362.14)
山楂叶螨雌成螨	48	$-0.206\ 0+1.863\ 3\ x$	0.989\ 1	622.17(519.67~744.88)
	72	$-0.994\ 6+2.231\ 7\ x$	0.983\ 1	485.36(423.76~555.91)

雷公藤总生物碱对家蝇成虫的毒杀作用测定结果见表2。由表2可知,3个浓度处理家蝇成虫4 h后的击倒率分别为22.32%、76.51%和93.06%。被击倒试虫多仰卧,足颤动,并未立即死亡。可见,雷公藤总生物碱对家蝇成虫具有较好的击倒作用,处理后约48 h,被击倒试虫全部死亡。

表2 雷公藤总生物碱对家蝇成虫的毒杀作用¹⁾

处理浓度/ $mg\cdot L^{-1}$	4 h 击倒率/%	48 h 死亡率/%
500	(22.32±7.11)c	(22.32±7.11)c
1 000	(76.51±5.16)b	(76.51±5.16)b
1 500	(93.06±2.65)a	(94.73±0.28)a
CK	(0±0)d	(0±0)d

1) 表中数据为3次重复的平均值±标准差,每重复20头虫;同列数据后标有不同字母者表示经Duncan氏新复极差测验在 $P_{0.05}$ 水平上差异显著。

2.2 雷公藤总生物碱对棉铃虫3龄幼虫生长发育的抑制作用

雷公藤总生物碱对棉铃虫幼虫生长发育有明显的抑制作用(表3),表现在体重、体重增加量均明显低于对照,且随处理浓度增大,下降越明显。

2 结果与分析

2.1 雷公藤总生物碱对小菜蛾等7种昆虫毒杀作用

由表1可知,雷公藤总生物碱对供试的6种害虫均有一定的毒杀作用,对小菜蛾3龄幼虫、菜青虫5龄幼虫、棉铃虫3龄幼虫、黏虫3龄幼虫和桃蚜无翅成蚜48 h的毒杀 LC_{50} 分别为228.28、307.61、653.00、306.39、435.90、622.17 mg/L ;对小菜蛾3龄幼虫72 h的毒杀活性最高,其 LC_{50} 为136.67 mg/L ,对黏虫3龄幼虫和菜青虫5龄幼虫的毒杀活性相近,其 LC_{50} 分别为216.12 mg/L 和238.18 mg/L ,对其余几种昆虫的毒杀活性依次为桃蚜无翅成蚜、棉铃虫3龄幼虫和山楂叶螨雌成螨。

10、50 mg/kg 处理组幼虫第3天体重分别比对照下降19.73%和55.15%;体重增加量分别比对照下降26.71%和85.44%;体重增长抑制率分别为30.40%和86.49%。处理后7 d,所有处理组试虫体重、体重增加量均显著低于对照,体重增长抑制率仍较高。

表3 雷公藤总生物碱对棉铃虫3龄幼虫生长发育的影响¹⁾

处理后时间/d	浓度/ $mg\cdot kg^{-1}$	幼虫体重(10头)/mg	体重增加量(10头)/mg	生长抑制率/%
1	10	(112.28±2.05)b	(28.75±1.75)b	48.61
	50	(94.55±4.59)c	(10.53±3.44)c	81.18
	CK	(138.90±4.28)a	(55.95±4.31)a	—
3	10	(187.18±3.21)b	(104.33±3.18)b	30.40
	50	(104.60±14.54)c	(20.30±7.82)c	86.49
	CK	(233.20±14.92)a	(150.25±14.24)a	—
5	10	(461.25±6.65)b	(377.73±6.93)b	13.67
	50	(217.10±17.80)c	(133.08±16.85)c	69.58
	CK	(520.48±14.19)a	(437.53±13.94)a	—
7	10	(814.08±17.62)b	(730.55±17.45)b	41.42
	50	(358.70±19.05)c	(274.68±17.94)c	77.97
	CK	(1 330.03±20.02)a	(1 247.08±19.62)a	—

1) 表中数据为4次重复的平均值±标准差,每重复10头虫;在相同处理时间内的同列数据后标有不同字母者表示经Duncan氏新复极差测验在 $P_{0.05}$ 水平上差异显著。

2.3 雷公藤总生物碱对玉米象的种群抑制作用

雷公藤总生物碱对玉米象的种群抑制作用测定结果见表 4,由表 4 可知,用含雷公藤总生物碱分别为 100、500、1 000、2 000 mg/kg 的小麦处理玉米象成虫

33 d后,其死亡率分别为 43. 33%、90. 83%、97. 50%、99. 17%,其 F₁ 代种群抑制率分别为 45. 14%、96. 70%、97. 93%和 98. 77%。100 mg/kg 和 500 mg/kg 处理组对 F₁ 代的种群抑制率分别达 61. 78%和 80. 10%。

表 4 雷公藤总生物碱对玉米象的种群抑制作用¹⁾

处理浓度 /mg·kg ⁻¹	平均活成虫 数量 ²⁾ /头	平均死亡 率/%	F ₁ 代成虫 数 ³⁾ /头	F ₁ 代种群 抑制率 ⁴⁾ /%	F ₁ 代成 虫数 ⁴⁾ /头	F ₁ 代种群 抑制率/%
100	(22. 67±1. 53)b	(43. 33±3. 82)c	(282. 33±11. 59)b	45. 14	73	61. 78
500	(3. 67±0. 58)c	(90. 83±1. 44)b	(17. 00±2. 00)c	96. 70	38	80. 10
1 000	(1. 00±1. 00)d	(97. 50±2. 50)a	(10. 67±2. 08)d	97. 93	—	—
2 000	(0. 33±0. 58)d	(99. 17±1. 44)a	(6. 33±1. 52)e	98. 77	—	—
CK	(33. 67±1. 15)a	(15. 83±2. 89)d	(514. 67±12. 34)a	—	191	—

1) 每处理 3 次重复,每重复接虫 40 头;同列数据后标有不同字母者表示经 Duncan 氏新复极差测验在 P_{0.05} 水平上差异显著;“—”表示没有接虫。2) 平均活成虫数为接虫于混药小麦后 33d 的检查结果。3) F₁ 代成虫为 33 d 筛出成虫后,第 67 天的检查结果。4) F₁ 代成虫数为从接虫 33 d 后筛出的活虫中随机挑取 15 头成虫放入未拌药小麦后 67 d 的检查结果。

3 讨论

从天然产物中寻找新的杀虫活性物质是开发新杀虫剂和克服或延缓害虫产生抗药性的有效途径之一。雷公藤具有较好的杀虫作用,在我国作为杀虫剂使用也已有近 2000 年的历史。本研究结果表明,雷公藤中主要杀虫活性物质雷公藤总生物碱对小菜蛾、菜青虫、黏虫、棉铃虫、桃蚜、山楂叶螨和家蝇等均具有较强的毒杀作用,可明显抑制棉铃虫生长发育和玉米象种群增殖。本研究进一步证实了雷公藤总生物碱具有较广的杀虫谱和较强的杀虫活性,且对不同种类的昆虫表现出不同的作用方式。在田间使用时,不仅可直接杀死害虫,还可显著降低害虫的取食量,从而达到保护植物的目的。此外,该生物碱还可抑制昆虫生长发育,降低幼虫化蛹率、成虫羽化率以及成虫寿命和产卵量^[15],这必然会降低下一代害虫虫口基数,从而抑制害虫种群增长。可见,雷公藤总生物碱所具有的多种作用方式综合发挥作用必将有效地控制害虫的危害,这也符合害虫综合治理(IPM)和可持续控制的策略。

雷公藤在我国主要分布于长江中下游地区,如浙江、福建、安徽、江西、湖南、湖北、广东、广西、台湾等,自然资源较为丰富,且其人工栽培也已获得成功,至 2004 年全国已建立雷公藤种植基地约 1 300 hm²^[16],而人工栽培与野生雷公藤中所含杀虫有效成分生物碱在种类上基本一致,只是含量上有所差异^[17-18]。雷公藤的现有资源和潜在资源为其大规模开发利用提供了足够的物质保障。此外,雷公藤的医药用部位仅为根心,而地上部分及根皮则弃

之不用^[19],可利用来加工杀虫剂,在某种程度上可以说是“废物利用”。雷公藤总生物碱可以粗提物的形式提取出来后直接加工成农药用于生产,操作方便且药效显著,将具有较强的市场竞争力。此外,雷公藤总生物碱作为一种新型的以中草药雷公藤为提取原料的杀虫活性物质在防止害虫产生抗药性、作物发生药害、人畜和有益生物中毒及环境污染等安全性方面也具有独到的优势^[2,19-20]。

综合上述,从雷公藤总生物碱的杀虫活性、作用谱、植物资源 and 安全性等方面综合考虑,雷公藤生物碱有望成为新型的特异性害虫控制剂,在害虫综合治理中具有广阔的应用前景。

参考文献

[1] 向明,张程亮. 雷公藤免疫抑制作用研究进展[J]. 中草药, 2005,36(3):458-461.

[2] 陈同素. 国产杀虫药剂雷公藤调查报告[J]. 中华农学会报, 1933,125:79-92.

[3] 罗都强,张兴,冯俊涛. 杀虫植物雷公藤研究进展[J]. 西北农业大学学报, 2000,28(3):84-89.

[4] SWINGLE W T, HALLER H L, SIEGLER E H, et al. Chinese insecticidal plant *Tripterygium wilfordii* introduced into the United States[J]. Science, 1941, 93 (2403):60-61.

[5] 赵善欢,张兴. 植物性杀虫剂对水稻三化螟拒食及内吸毒力试验[J]. 中国农业科学, 1982(2):55-62

[6] 张兴,赵善欢. 几种植物性物质对米象、玉米象的初步试验[J]. 粮食贮藏, 1983,12(1):1-8.

[7] BEROZA M. Alkaloids from *Tripterygium wilfordii* Hood. The structure of wilforine, wilfordine, wilforgine and wilfortrie[J]. J Amer Chem Soc, 1953, 75: 44-49.

[8] 罗都强,冯俊涛,胡瓚,等. 雷公藤总生物碱分离及杀虫活性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001,29(2):

- 61-64.
- [9] 罗都强, 陈安良, 张兴, 等. 雷公藤杀虫剂及其制备方法: 中国. ZL00129820.8[P], 2004-02-18.
- [10] 张兴, 赵善欢. 楝科植物对几种害虫的拒食和忌避作用[J]. 华南农学院学报, 1983, 4(3): 1-7.
- [11] 王兴林, 杨崇珍, 崔婧芳, 等. 10种植物提取物对棉铃虫生长发育的影响[J]. 西北农业大学学报, 1996, 24(6): 99-101.
- [12] 张宗炳. 杀虫剂的毒力测定(原理、方法、应用)[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 85.
- [13] FAO. Approved test method 3; larvae of rice stem borer[G]// Recommended Methods for Measurement of Pest Resistance to Pesticides. FAO Plant Protection Paper, 1980: 25-28.
- [14] 张兴, 王兴林. 抑制玉米象种群形成的植物样品筛选研究[J]. 粮食储藏, 1992, 21(3): 3-8.
- [15] 周琳, 冯俊涛, 马志卿, 等. 雷公藤总生物碱对黏虫的生物活性[J]. 植物保护学报, 2006, 33(4): 401-406.
- [16] 斯金平, 阮秀春, 郭宝林, 等. 雷公藤资源现状及可持续利用的研究[J]. 中药材, 2005(1): 12-13.
- [17] 周迎新, 方乍浦. 人工栽培和野生雷公藤的质量比较[J]. 中国中药杂志, 1995, 20(3): 145-146.
- [18] 陈俊元, 夏志林. 人工栽培和野生雷公藤的有效成分比较[J]. 中草药, 1991, 33(5): 284-286.
- [19] 邓文龙. 雷公藤中毒及毒副反应报告研究[J]. 中药药理与临床, 2001, 17(3): 42-47.
- [20] 童红云. 雷公藤、黄杜鹃对菜青虫的毒理效应及防治的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 1986.