

雷公藤总生物碱对粘虫的生物活性

周琳^{1,2} 冯俊涛^{1,3} 马志卿^{1,3*} 张兴^{1,3}

(1. 西北农林科技大学无公害农药研究服务中心, 陕西杨凌 712100; 2. 河南省林业科学研究院, 郑州 450008; 3. 陕西省生物农药工程技术研究中心, 杨凌 712100)

摘要: 为进一步评价雷公藤中主要杀虫活性成分生物碱的杀虫活性及其应用前景, 采用室内生测法研究了雷公藤总生物碱对粘虫 *Mythimna separate* (Walker) 取食、存活及生长发育等的影响。结果表明, 雷公藤总生物碱对粘虫幼虫具较强的拒食活性, 3、4、5龄幼虫 24、48 h 的拒食中浓度 (AFC₅₀) 分别为 37.92、50.23、119.53 mg · L⁻¹ 和 42.39、60.47、122.91 mg · L⁻¹; 具有一定的胃毒活性, 对粘虫 3龄幼虫 4、5天的 LC₅₀ 值分别为 157.18 mg · L⁻¹ 和 129.92 mg · L⁻¹; 对粘虫幼虫的生长发育有明显抑制作用, 表现在体重、体重增加量和相对增长率均显著降低, 60 mg · L⁻¹ 处理组幼虫第 2 天体重、体重增加量、相对增长率比对照分别下降 26.13%、42.74% 和 22.26%, 幼虫龄期延长, 存活率、化蛹率和成虫羽化率均明显下降, 成虫产卵量减少; 此外, 还具有一定的杀卵作用, 卵孵化率和初孵幼虫存活率明显降低。

关键词: 雷公藤; 总生物碱; 杀虫活性; 粘虫; 植物源农药

Insecticidal activity of total alkaloid from *Tripterygium wilfordii* Hook against *Mythimna separate* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae)

ZHOU Lin^{1,2} FENG Jun-tao^{1,3} MA Zhi-qing^{1,3*} ZHANG Xing^{1,3}

(1. Research and Development Center of Biorational Pesticide, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. Forestry Institute of Henan, Zhengzhou 450008, China; 3. Shaanxi Research Center of Biopesticide Engineering and Technology, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Total alkaloid from *Tripterygium wilfordii* Hook was bioassayed with *Mythimna separate* (Walker) for its insecticidal activities. The antifeedant effect of the total alkaloid on third to fifth instar larvae of *M. separate* increased with the treatment concentrations. The AFC₅₀ values (24h and 48h) of the alkaloid against third, fourth and fifth instars larvae were 37.92, 50.23, 119.53 mg · L⁻¹ and 42.39, 60.47, 122.91 mg · L⁻¹, respectively. The alkaloid were toxic to third instar larvae with oral application and the LC₅₀ value (4d and 5d) against third instar larvae were 157.18 and 129.92 mg · L⁻¹, respectively. The alkaloid also imposed great influence on the growth of *M. separate* larvae. The treated larvae showed big reduction on body weight, weight gain and relative growth rate comparing with the control. In the second day of treatment with the dose of 60 mg · L⁻¹ alkaloid, the body weight, weight gain and relative growth rate reduced 26.13%, 42.74% and 22.26%, respectively. The alkaloid could prolong the instar stage, reduce the survival rate and pupation rate of *M. separate* larvae. The emergence rate, fecundity and longevity of adults were lower than that of the control. The hatching rate of eggs and the survival rate of larvae

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2004BA516A04)

作者简介: 周琳, 女, 1971年生, 副研究员, 主要从事生物农药及植物保护研究, email: zhoulin0704@yahoo.com.cn

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: maer63@sina.com

收稿日期: 2006-03-29

were also reduced.

Key words: *Tripterygium wilfordii*; total alkaloids; insecticidal activity; *Mythimna separate*; botanical insecticide

雷公藤 *Tripterygium wilfordii* Hook 为卫矛科雷公藤属植物,又名黄藤根、霹雳木等,是传统的中草药,具有祛风除湿、活血通络、消肿止痛、杀虫解毒之功效。我国民间很早以前就将雷公藤用于防治害虫,是著名的杀虫植物。雷公藤杀虫作用的研究始于20世纪30年代。陈同素^[1]报道雷公藤对家蚕 *Bombyx mori* (Linnaeus)有毒杀、拒食和触杀作用,其有效成分分布于根系;钟启谦等^[2,3]报道雷公藤植物的根皮粉及其抽提物对菜白蝶 *Pieris rapae* L.、蓖麻夜蛾 *Achaea melicerta* (Drury)、蜡尺蠖 *Paleacritra vernata* 等多种鳞翅目幼虫及豆平腹蝽 *Coptosoma cribraria*、黄守瓜 *Rhapidopalpa chinensis* 等有拒食、胃毒、麻痹作用,对甘蔗棉蚜 *Ceratovacuna lanigera* (Zehntner)、棉大卷叶虫 *Sylepta derogata* Fabricius、苋菜螟 *Hymenia recurvalis* Fabricius 有触杀作用。1935年雷公藤被引种到美国。Swingle等^[4]发现雷公藤根粉对家蚕、苹天幕毛虫 *Malacosoma americana*、马铃薯叶甲 *Leptinotarsa decemlineata* (Say)有拒食和胃毒作用。赵善欢等^[5]报道雷公藤及其根皮提取物对三化螟 *Scirpophaga incertulas* (Walker)幼虫有强烈的胃毒作用。张兴等^[6]发现其对贮粮害虫玉米象 *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)和米象 *Sitophilus oryzae* (Linnaeus)有非常显著的种群抑制作用。关于雷公藤的杀虫活性虽有较多报道,但尚不够深入和系统。近年来,西北农林科技大学无公害农药研究服务中心对雷公藤的杀虫作用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^[7-9]。为深入了解雷公藤生物碱的杀虫活性,评价雷公藤的应用价值和开发前景,本研究以粘虫 *Mythimna separate* (Walker)为试虫,在室内较系统地测定了雷公藤总生物碱对昆虫取食、存活、生长发育和繁殖的影响。

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提供。

1.2 供试昆虫

粘虫 *Mythimna separate* (Walker),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 = 12:12h)提供的室内种群。选择个体大小一致、健康、活泼的3~5龄幼虫供试。

1.3 生物活性测定方法

1.3.1 拒食作用

采用张兴等^[10]的小叶碟添加法。每处理重复3次,每重复10头试虫,以丙酮处理为对照。分别于24、48h后测量各龄幼虫的取食叶面积,计算拒食率,并求拒食中浓度(AFC₅₀)。

1.3.2 触杀作用和胃毒作用

触杀作用采用微量点滴法^[11]。胃毒作用采用载毒叶片法^[12]。每处理重复3次,每重复10头试虫,以丙酮处理为对照。处理3天后,换喂正常玉米叶片。分别于处理后3、4、5天统计死亡率,并以Abbort公式校正,以概率值分析法求毒力回归方程,并求毒杀中浓度(LC₅₀)。

1.3.3 生长发育抑制作用

用不同浓度雷公藤总生物碱丙酮溶液处理玉米叶片饲喂饥饿4h的3龄粘虫,以丙酮处理为对照。单头饲养,连续饲喂3天后改喂正常叶片,直至成虫死亡。分别于处理后2、3、4、5天称量幼虫体重,按下式计算相对生长率^[13];每天定时观察并记载各处理幼虫龄期和活虫数,统计幼虫存活率;观察幼虫化蛹和成虫羽化情况,称量蛹重,统计化蛹率和成虫羽化率;成虫羽化后,将其配对置于内插麦秆的罐头瓶中产卵,以10%蜂蜜水补充营养,统计产卵量和成虫寿命。相对生长率(mg·mg⁻¹·d⁻¹) = 体重增加量(mg)/[平均体重(mg)×取食时间(d)]。

1.3.4 杀卵作用

将粘虫1日龄卵分别在不同浓度的雷公藤总生物碱丙酮溶液中浸5s,取出置滤纸上,待丙酮挥发后,放入内垫湿滤纸的培养皿(直径9cm)中,置养虫室内让其自然发育。每处理重复4次,每重复50粒卵。即将孵化时,放入新鲜玉米叶片供孵化的幼虫取食。逐日统计各处理卵孵化数及初孵幼虫存活数,直至幼虫2龄末期。

2 结果与分析

2.1 雷公藤总生物碱对粘虫幼虫的拒食作用

结果显示,雷公藤总生物碱对粘虫幼虫具较强

的拒食活性,对不同龄期幼虫的拒食作用与对照相比均存在显著差异,3、4、5 龄幼虫 24 h 和 48 h 的 AFC_{50} 值分别为 37.92、50.23、119.53 $mg \cdot L^{-1}$ 和 42.39、60.47、122.91 $mg \cdot L^{-1}$ (表 1)。

2.2 雷公藤总生物碱对粘虫幼虫的触杀活性

将雷公藤总生物碱用丙酮配制成 100、1000、2500、5000 和 10000 $mg \cdot L^{-1}$ 5 个浓度,用 1 μL 微量点滴器点滴药液于粘虫 3 龄幼虫前胸背板后,用

正常玉米叶片饲喂 4 天,发现处理试虫的最高校正死亡率仅为 10.6%,说明雷公藤总生物碱对试虫无明显的触杀作用。

2.3 雷公藤总生物碱对粘虫幼虫的胃毒作用

结果显示,雷公藤总生物碱对粘虫 3 龄幼虫具有较好的胃毒作用。处理后 3、4 和 5 天的 LC_{50} 值分别为 216.12、157.18 和 129.92 $mg \cdot L^{-1}$ (表 2)。

表 1 雷公藤总生物碱对粘虫 3、4、5 龄幼虫的拒食作用

Table 1 Antifeedant effect of different concentrations of the alkaloid on third, fourth, fifth instar larvae of *M. separate*

龄期 Larval instar	处理时间(h) Treatment time	回归方程 LC-P	相关系数 <i>r</i>	AFC_{50} ($mg \cdot L^{-1}$)	95% 置信限($mg \cdot L^{-1}$) 95% fiducial limit	卡方值 χ^2
3	24	$Y = 0.9753 + 2.5807X$	0.9994	37.92	30.55 ~ 47.07	0.428
	48	$Y = -0.1917 + 3.1900X$	0.9994	42.39	35.55 ~ 50.55	1.216
4	24	$Y = 2.3786 + 1.5411X$	0.9867	50.23	35.22 ~ 71.64	2.561
	48	$Y = 1.9916 + 1.6886X$	0.9872	60.47	45.59 ~ 80.21	5.461
5	24	$Y = 0.6813 + 2.0775X$	0.9983	119.53	92.28 ~ 155.82	2.456
	48	$Y = -0.0557 + 2.4190X$	0.9986	122.91	97.06 ~ 155.79	4.648

注: $\chi^2_{0.05,3} = 7.81$,若所测方程 χ^2 小于该值则方程符合实际,否则不符合。下表同。Note: Equation fits the fact unless the " χ^2 " is less than 7.81. The same as below.

表 2 雷公藤总生物碱对粘虫 3 龄幼虫的胃毒作用

Table 2 Stomach poison activities of different concentrations of the alkaloid to third instar larvae of *M. separate*

处理时间(d) Treatment time	毒力回归方程 LC-P	LC_{50} ($mg \cdot L^{-1}$)	相关系数 <i>r</i>	95% 置信限($mg \cdot L^{-1}$) 95% fiducial limit	卡方值 χ^2
3	$Y = -2.3373 + 3.1427X$	216.12	0.9531	189.83 ~ 246.06	7.50
4	$Y = -2.1233 + 3.2432X$	157.18	0.9914	143.99 ~ 171.57	1.59
5	$Y = -2.9446 + 3.7586X$	129.92	0.9784	119.63 ~ 141.11	4.24

2.4 雷公藤总生物碱对粘虫生长发育的影响

2.4.1 对幼虫生长的影响

结果显示,处理组试虫的体重、体重增加量和相对生长率均明显低于对照,且随处理浓度增加,下降越明显。15 $mg \cdot L^{-1}$ 和 60 $mg \cdot L^{-1}$ 处理组幼虫第 2 天体重较对照分别下降 19.94% 和 26.13%;体重增加量比对照分别下降 31.93% 和 42.74%;相对生长率比对照分别下降 14.84% 和 22.26%。处理后 3、4、5 天,60 $mg \cdot L^{-1}$ 处理组幼虫体重、体重增加量和相对生长率均显著低于对照,15 $mg \cdot L^{-1}$ 处理组幼虫体重和体重增加量均显著低于对照,而相对生长率在处理后 5 天时与对照相比无显著差异(表 3)。

2.4.2 对幼虫龄期的影响

结果显示,在试验条件下,对照组试虫第 4 天 96.67% 的试虫进入 4 龄期,第 7 天 90.00% 的试虫进入 5 龄期,第 11 天全部试虫进入 6 龄期。雷公藤

总生物碱不同浓度处理后均使粘虫幼虫龄期延长,且处理浓度与试虫龄期呈明显的正相关。60 $mg \cdot L^{-1}$ 处理组试虫在试验第 7 天 86.67% 的试虫进入 4 龄期,与对照相比延后约 3 天;第 11 天 93.33% 的试虫进入 5 龄期,与对照相比延后约 4 天;第 12 天仅 30.00% 的试虫进入 6 龄期(表 4)。

2.4.3 对幼虫存活、化蛹和成虫羽化、寿命及产卵的影响

结果显示,60 $mg \cdot L^{-1}$ 处理组的幼虫存活率、化蛹率和羽化率均显著低于对照。凡存活下来的幼虫均能正常化蛹和羽化,试验中未观察到畸形蛹和畸形成虫,但处理蛹重均低于对照蛹重。成虫寿命缩短,对成活雌蛾的繁殖力也有较大的影响,处理试虫的产卵量低于对照试虫。30 $mg \cdot L^{-1}$ 和 60 $mg \cdot L^{-1}$ 处理组成虫的每雌产卵量分别比对照下降 20.61% 和 30.15% (表 5)。

表3 雷公藤总生物碱对粘虫幼虫生长的影响

Table 3 Effect of different concentration of alkaloids on the growth of *M. separata* larvae

处理后时间(d) Time after treatment	处理浓度(mg·L ⁻¹) Treatment concentration	幼虫体重(mg) Larval weight	体重增加量(mg) Weight gain	相对生长率(mg·mg ⁻¹ ·d ⁻¹) Relative growth rate
2	15	7.63 ± 0.45 b	4.03 ± 0.35 b	0.264 ± 0.010 b
	60	7.04 ± 0.27 c	3.39 ± 0.23 b	0.241 ± 0.007 c
	CK	9.53 ± 0.52 a	5.92 ± 0.57 a	0.310 ± 0.013 a
3	15	11.10 ± 0.74 b	7.51 ± 0.61 b	0.225 ± 0.005 b
	60	9.42 ± 0.42 c	5.77 ± 0.38 c	0.204 ± 0.005 c
	CK	12.21 ± 0.71 a	8.60 ± 0.71 a	0.234 ± 0.006 a
4	15	13.61 ± 0.73 b	10.01 ± 0.63 b	0.184 ± 0.003 b
	60	10.52 ± 0.22 c	6.87 ± 0.21 c	0.163 ± 0.002 c
	CK	15.43 ± 1.65 a	11.82 ± 1.62 a	0.191 ± 0.006 a
5	15	20.28 ± 1.80 b	16.69 ± 1.66 b	0.164 ± 0.002 a
	60	13.98 ± 1.69 c	10.33 ± 1.65 c	0.147 ± 0.006 b
	CK	24.13 ± 3.47 a	20.52 ± 3.47 a	0.170 ± 0.005 a

注:表中数据为5次重复的平均值±标准误,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。下同。Note: Data are given as means ± standard errors from 5 duplications. 10 larvae were tested in every duplication. Data within a column and the same treatment time followed by different letters show significant difference at $P_{0.05}$ by Duncan's multiple range test. The same as below.

表4 粘虫3龄幼虫在不同浓度雷公藤总生物碱处理下的发育虫态

Table 4 Effect of different concentration of alkaloids on the development periods of *M. separata* larvae

处理浓度 (mg·L ⁻¹) Treatment concentration	各龄期试虫占总虫数的比例 Each instar proportion of total tested larvae (%)								
	3d		4d		7d		11d		12d
	4龄 4th instar	4龄 4th instar	4龄 4th instar	4龄 4th instar	5龄 5th instar	5龄 5th instar	6龄 6th instar	6龄 6th instar	
15	60.00	86.67	93.60	13.33	86.67	20.00	80.00	86.67	
30	40.00	83.33	93.33	23.33	76.67	50.00	50.00	66.67	
60	0.00	23.33	56.67	86.67	0.00	93.33	6.67	30.00	
CK	78.57	96.67	100.00	10.00	90.00	0.00	100.00	100.00	

注:表中数据为3次重复的平均值,每重复30头虫。Note: Data are given as means from 3 duplications. Thirty larvae were tested in every duplication.

表5 雷公藤总生物碱对粘虫幼虫存活、化蛹和成虫羽化、寿命及产卵的影响

Table 5 Influence of different concentrations of the alkaloids on survive, pupation of *M. separata* larvae, and emergence, longevity and fecundity of adults

处理浓度 (mg·L ⁻¹) Treatment concentration	幼虫存活率(%) Survival rate	化蛹率(%) Pupation rate	平均蛹重(mg/head) Average pupa weight	羽化率(%) Emergence rate	成虫寿命(d) Longevity of adult		产卵量 (eggs/female) Fecundity
					雌蛾♀	雄蛾♂	
30	87.78 ± 1.92 a	85.56 ± 3.85 a	361.4(70)	85.56 ± 3.85 a	12.4(20)	10.0(20)	466(15)
60	58.89 ± 6.94 b	56.67 ± 3.33 b	358.3(50)	56.67 ± 3.33 b	11.8(15)	9.6(20)	410(15)
CK	94.44 ± 1.93 a	93.33 ± 3.33 a	365.1(80)	93.33 ± 3.33 a	12.7(20)	10.4(20)	587(15)

注:表中数据为3次重复的平均值±标准差,每重复30头虫;幼虫存活率为存活幼虫数/总试虫数;化蛹率为化蛹数/总试虫数;羽化率为羽化数/总试虫数。括号内数字为统计试虫数。Note: Data are given as means ± standard errors from 3 duplications. 30 larvae were tested in every duplication. The survival rate, pupation rate of larvae and the emergence rate of adults are the rate of "the number of survival larvae", "the number of pupation insects", "the number of emergence insects" and "the number of all tested insects", respectively. The values in parenthesis are numbers of tested heads.

2.5 雷公藤总生物碱对粘虫卵孵化及初孵幼虫存活的影响

结果显示,除 $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组外,其余处理组的卵孵化率均显著低于对照。 $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组

的卵孵化率只有 59.00% ;在试验浓度范围内,所有处理组幼虫存活率均显著低于对照组。试验中观察到,处理组未孵化卵为黑卵,说明雷公藤总生物碱对粘虫卵具有一定的毒杀作用(表 6)。

表 6 雷公藤总生物碱对粘虫卵孵化及初孵幼虫存活的影响

Table 6 Living and hatching of *M. separate* eggs under different concentrations of alkaloids

处理浓度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) Treatment concentration	卵孵化率 (%) Hatching rate of eggs	初孵幼虫存活率 (%) Survival rate of hatching larvae
60	$95.50 \pm 4.43 \text{ ab}$	$87.32 \pm 4.71 \text{ b}$
120	$91.00 \pm 3.83 \text{ bc}$	$77.47 \pm 1.10 \text{ c}$
250	$88.00 \pm 5.89 \text{ c}$	$50.56 \pm 1.45 \text{ d}$
500	$70.50 \pm 4.43 \text{ d}$	$28.35 \pm 1.00 \text{ e}$
1000	$59.00 \pm 4.76 \text{ e}$	$26.22 \pm 1.34 \text{ e}$
CK	$97.50 \pm 0.02 \text{ a}$	$95.44 \pm 3.75 \text{ a}$

注:表中数据为 4 次重复的平均值 \pm 标准差,每重复 50 粒卵。Note: Data are given as means \pm standard errors from 4 duplications. 50 eggs were tested in every duplication.

3 讨论

一般认为,植物源活性物质对昆虫有多种作用方式。如川楝素对菜青虫具有胃毒、拒食和抑制生长发育等作用^[14];苦皮藤根皮粉提取物对昆虫具有拒食、麻醉、毒杀等作用^[15]。闹羊花素-Ⅲ对粘虫、马铃薯甲虫 *Lepolinotarsa decemlineata*、杂拟谷盗 *Tribolium confusium*、菜青虫、亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 等害虫作用方式较为复杂,具有拒食、毒杀、生长发育抑制和产卵忌避作用,且有内吸作用^[16]。本研究结果表明,雷公藤总生物碱作为雷公藤中的主要杀虫活性成分,对粘虫具有较强的拒食、胃毒、生长发育抑制及杀卵作用。罗都强等^[8]报道雷公藤总生物碱对菜青虫有较强的拒食、麻醉和毒杀作用,并且也观察到对粘虫有毒杀作用,对玉米象有胃毒作用,对棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 也有抑制生长发育作用。可见,雷公藤总生物碱对鳞翅目和鞘翅目的多种昆虫可能具有一种或几种不同的作用方式,其杀虫谱有必要通过扩大测试昆虫范围进一步确定。

大量研究表明,同一种植物源物质作用方式的差异与处理剂量及供试虫种有关。如印楝素对鳞翅目不同种类幼虫具有明显拒食效果的含量阈值为 $1 \sim 50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而对鞘翅目、半翅目、同翅目、等翅目幼虫的阈值为 $100 \sim 600 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;抑制美洲脊胸长蝽 *Oncopeltus fasciatus* 和普热猎蝽 *Rhodnius prolixus* Stål 生长发育的 ED_{50} 分别为 $0.6 \mu\text{g} \cdot \text{g}$ 和 $0.2 \mu\text{g}$

$\cdot \text{g}^{[17]}$ 。本研究表明,雷公藤总生物碱在 $60 \sim 120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理剂量下,对粘虫 3 龄幼虫主要表现为拒食作用;在 $160 \sim 250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理剂量下,主要表现为胃毒作用;低于 $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理剂量时,则表现出明显的生长发育抑制作用;在 $250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理剂量以上时具明显杀卵作用。可见,雷公藤总生物碱对粘虫的拒食、胃毒、生长发育抑制和杀卵作用与处理剂量间也存在一定的相关性。但雷公藤总生物碱对粘虫的作用方式与植物源农药低浓度表现为毒杀作用和高浓度表现为拒食作用的一般情况不符,这可能是因其在较低剂量下拒食作用小,试虫虽有取食,但摄入体内的药剂量不足以致死而影响其生长发育;而在较高剂量下,虽拒食作用强,但延长饲喂时间,试虫饥饿被迫取食,尽管取食量小,但摄入的药剂量已达致死量而表现出毒杀作用。至于是否还有其它原因,有待于进一步研究。

昆虫内分泌系统的激素平衡失调、生长发育期的营养缺乏或昆虫遗传上发生变化均可使昆虫生长发育受阻。本研究表明,雷公藤总生物碱可造成试虫正常的生长发育受阻,表现在幼虫体重、体重增加量和相对生长率的明显降低,龄期明显延长,幼虫存活率、化蛹率、成虫羽化率均明显降低,成虫的寿命和产卵量也有所下降等。但试验中发现雷公藤总生物碱处理粘虫幼虫后所有存活幼虫均可正常化蛹、羽化、产卵,并未观察到畸形蛹和畸形成虫。这说明雷公藤生物碱抑制粘虫生长发育可能是试虫因拒食而在幼虫期不能获取足够的食物和营养造成的。但

本研究只是用雷公藤总生物碱处理粘虫幼虫后得出的初步结果。孙兆贵等^[18]报道亚致死剂量的雷公藤粉可抑制赤拟谷盗种群的增殖,并认为雷公藤粉中存在特异性抑制生殖细胞发生的成分。大量的哺乳类动物抗生育结果表明^[19~22],雷公藤生物碱的靶细胞是精子细胞和精母细胞,且能干扰睾丸初级精母细胞内DNA的合成。因此,要真正弄清雷公藤生物碱对粘虫生长发育抑制机制,尚需对其卵、幼虫、蛹、成虫几个虫态进行系统、深入地研究。

参考文献(References)

- 1 陈同素. 国产杀虫药剂雷公藤调查报告. 中华农学会报, 1933, 125:79-82
- 2 钟启谦. 雷公藤类植物杀虫剂对守瓜防治的研究. 中国农业研究, 1950, 1(2): 29
- 3 钟启谦, 齐瑞霖. 几种植物的杀虫效力测定. 昆虫学报, 1953, 3(1):25-39
- 4 Swingle W T, Haller H L, Siegler E H, et al. Chinese insecticidal plant *Tripterygium wilfordii* introduced into the United States. Science, 1941, 93 (2403):60-61
- 5 赵善欢, 张兴. 植物杀虫剂对水稻三化螟的拒食及内吸毒力试验. 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. 粮食贮藏, 1983, 12(1):1-8
- 7 罗都强, 冯俊涛, 胡瓚, 等. 雷公藤非生物碱分离及对粘虫作用方式研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(4):81-84
- 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. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(2):61-64
- 9 罗都强, 张兴. 雷公藤非生物碱成分对菜青虫杀虫活性研究. 农药学报, 2000, 2(4):94-96
- 10 张兴, 赵善欢. 楝科植物对几种害虫的拒食和忌避作用. 华南农学院学报, 1983, 4(3):1-7
- 11 吴文君. 植物化学保护实验技术导论. 西安:陕西科学技术出版社, 1988, 72-77
- 12 慕立义, 吴文君, 王开运. 植物化学保护研究方法. 北京:中国农业出版社, 1994, 37-45
- 13 陈志辉. 昆虫营养指标的定量测量与计算. 昆虫知识, 1987, 24(5): 299-301
- 14 赵善欢, 张兴. 植物性物质川楝素的研究概况. 华南农业大学学报, 1987, 8(2):57-67
- 15 吴文君, 姬志勤, 胡兆农, 等. 杀虫植物苦皮藤中的有效成分及其生物活性. 华中师范大学学报(自然科学版), 2005, 39(1):50-53
- 16 程东美, 胡美英, 张志祥, 等. 闹羊花素-III对几种害虫的生物活性研究. 华南农业大学学报, 2001, 22(4):33-35
- 17 Mordue A J, Blackwell A. Azadirachtin: an update. Journal of Insect Physiology, 1993, 39 (11):903-924
- 18 孙兆贵, 王元秀. 亚致死剂量的雷公藤抑制赤拟谷盗种群增殖和增加农药敏感性. 山东师范大学学报(自然科学版), 2005, 20(3):75-76, 82
- 19 韦登明, 黄光照. 雷公藤及其单体的药理和毒理病理学研究进展. 中药材, 2003, 26(12):894-897
- 20 Qian S Z, Xu Y, Zhang W. Recent progress in research on *Tripterygium*: a male antifertility plant. Contraception, 1995, 51:121
- 21 孙小蓉, 方彦华, 黄光照. 雷公藤生物总生物碱对雄性大鼠睾丸影响的病理研究. 生殖与避孕, 1989, 9(2):20-24
- 22 乔林, 许宁, 张益鹄, 等. 雷公藤总生物碱对雄性大鼠的抗生育作用. 中国药理学与毒理学杂志, 1990, (4):282-285