

楝属川楝素含量与生物活性的关系

张 兴 张民力 赵善欢

(昆虫毒理研究室)

提 要

本文报道用高速液相色谱测定了川楝素含量的各地楝树样品水提物及几种川楝素产品对菜青虫的生物活性,讨论了川楝素含量与生物活性的关系。叶、果样品中虽不含或仅含少量川楝素,但对试虫仍表现出一定的活性。皮中含有较丰富的川楝素,其含量与拒食活性呈正相关,但与毒效作用不相关。四川样品川楝素含量及生物活性均很高而值得重视。川楝素粗产品相对于纯川楝素而言对试虫具更高的生物活性。这种川楝素含量与活性的非线性关系说明样品中其它成份也具活性或与川楝素有协同作用。通过测定、分析和讨论,指出用川楝素粗产品防治菜青虫是一经济、有效、可行的措施。文中应用了评判援效型杀虫剂的新方法,供讨论和参考。

关键词 川楝; 苦楝; 川楝素; 菜青虫; 拒食剂; 昆虫生长发育调节剂

引 言

楝科楝属植物在我国主要分布有两种,即川楝(*Melia toosendan* Sieb. et Zucc.)和苦楝(*Melia azedarach* L.)。习惯上通称为楝树。由楝树树皮韧皮部中提取出川楝素(toosendanin)的药理、毒理、毒性等方面,赵善欢等曾作过详细论述^[1],近年来关于川楝素的杀虫活性也已有报道^{[1][3][4][7]}。但试验中所用的川楝素原作为医用药品而提制生产的,对工艺水平要求严,纯度高,成本高而难以实际应用。我们近期的试验^[6]及张格成等^[2]的报道指出,应用未经纯化的川楝素粗产品甚至生产川楝素时的废母液也对试虫有较高的防治效果。那么楝树产品对昆虫的生物活性是单纯由其所含川楝素所致,还是包括其它因素,即多因子、多种化合物的协同作用。为此,我们分别从山东、贵州、湖北等十一个省共十三个点采回了楝树样品及四川宜宾制药厂所生产的各种纯度的川楝素产品,用高速液相色谱(HPLC)初步分析了各样品中川楝素的含量以后(含量测定另文报道),以菜青虫五龄幼虫为试虫,测定了各样本的生物活性,旨在为生产上经济有效地实际应用这一植物产品提供部分理论根据。

1987年10月13日收稿

材 料 和 方 法

(一) 楝树样品的采集与提取

于1986年10~12月间分别从我国楝树的主要分布区山东、河南、湖北、湖南、浙江、四川、贵州、广东、海南岛等地共13个采集点采回了苦楝、川楝的树皮(只取韧皮部)、果和叶,在室温条件下风干(果子于60~80℃烘箱中吹风干燥3~5小时),经机械粉碎并通过20号筛目。

对各粉碎样品采用热水抽提(80℃)、石油醚脱脂、氯仿萃取法进行提取。将萃取浓缩物经硅胶柱层析纯化,用WATERS ALCIGPC 244型高速液相色谱仪分析其中川楝素含量。

(二) 川楝素各种产品样本

川楝素各种产品均由四川宜宾制药厂提供,并用HPLC测定其中川楝素的含量。川楝素纯品由天津南开大学有机化学元素所提供。

川楝素粗制品:系未经纯化的川楝素粗产品,川楝素含量为53.79%。

新工艺川楝素:用川楝树皮韧皮部以水煮树脂吸附法生产的川楝素粗产品,收率为2%,川楝素含量为33.77%。

川楝素废母液:系该厂生产川楝素时,滤过川楝素后弃之不用的黑褐色粘稠浓液。产量可达投料重量的2.5~3%,川楝素含量为4.25%。

川楝素废母液粉:将废母液于80℃下吹风干燥,收率为68.5%,干燥物中川楝素含量为5.4%。

(三) 生物活性测定

从田间采回菜青虫幼虫,在室内饲养一天以上,试验时从中挑取健康的五龄初期幼虫,饥饿2~3小时后供试。试验采用培养皿叶碟法^{[1][5][8]}测定各样品对菜青虫的选择和非选择拒食作用。楝树各组织提取物最后由氯仿萃取物转入丙酮,浓度为1克粉碎的干样品/1毫升丙酮提取物。试验时用丙酮稀释,以稀释倍数表示使用浓度。川楝素各种产品试验时也用丙酮稀释。将叶碟于药液中浸约1秒钟,拿出晾干待用。该试验中非选择拒食作用测定法略有改动,用小口径打孔器($\phi 10\text{mm}$)打制成小叶碟,浸药后每皿中只放一个,待试虫吃完以后再加入备用叶碟,24小时后检查拒食效果。拒食率超过50%,则认为该样有拒食作用;超过75%,认为具较强的拒食作用;如超过95%,就认为具强烈的拒食活性。拒食试验后加入新鲜饲料继续饲养,直至试虫化蛹和羽化,观察记载试虫的生长发育情况及生死反应。每次试验均设相同处理的对照。每处理重复15次左右。

由于川楝素对菜青虫的作用较为缓慢,且有一定的生长发育抑制作用,供试五龄幼

虫取食了处理叶片后,除了部分死于幼虫阶段外,也可死于预蛹、蛹阶段或化成畸形蛹,少数还不能脱壳羽化而死。故如单用死亡率则难以表达样品的真实作用,也不适于处理间相互比较。我们试用发育指数、发育抑制率及校正死亡率等几个参数来综合评判样品的生长发育抑制作用及毒效活性。

首先将试虫在拒食试验后的生长发育、死亡情况分为五个级别,分级标准为:

- 0: 死于五龄幼虫阶段;
- 1: 死于预蛹或化为畸形蛹;
- 2: 死于蛹期,蛹内未发育为成虫状;
- 3: 已发育为成虫状但不能正常脱壳羽化;
- 4: 可羽化为正常成虫。

统计各级虫数及死、活虫数,计算:

$$\text{发育指数}(\%) = \frac{\sum(\text{各级级别数} \times \text{各级虫数})}{\text{最大级别数} \times \text{参试总虫数}} \times 100$$

$$\text{发育抑制率}(\%) = \frac{\text{对照发育指数}(\%) - \text{处理发育指数}(\%)}{\text{对照发育指数}(\%)} \times 100$$

$$\text{死亡率}(\%) = \frac{\text{死于幼虫、预蛹、蛹及不能羽化的虫数}}{\text{参试总虫数}} \times 100$$

$$\text{校正死亡率}(\%) = \frac{\text{处理死亡率}(\%) - \text{对照死亡率}(\%)}{\text{对照存活率}(\%)} \times 100$$

以上公式,发育指数是指试虫从五龄幼虫到正常羽化的发育程度。发育指数值越小,则说明试虫死于试验初期即幼虫或预蛹阶段的越多。发育抑制率的涵义是指药剂对试虫生长发育抑制的程度,所以需先求出各处理中药剂对试虫生长发育的抑制指数。而抑制指数计算中分级时应把死于幼虫阶段定为最高级,可以羽化为正常成虫的定为0级,用指数计算公式求出各处理的抑制指数,然后用对照组进行校正而得出发育抑制率。但经过一系列推导后,发育抑制率刚好等于用发育指数经对照进行校正后的数值,从而得出上述较简便的发育抑制率计算公式。应用这几个公式是为了避免在结果表格中出现大量的试虫死亡情况原始数据,也为便于多项处理中所得结果的相互比较。另外,还可计算出各处理中死亡虫体被阻止发育的平均级别(MID; Mean of Inhibitory Degree),以便进一步分析供试药剂处理中作用于死亡试虫的毒效速率。公式为:

$$\text{抑制发育平均级别(MID)} = \left(1 - \frac{\text{发育抑制率}}{\text{校正死亡率}} \right) \times \text{最高级别数}$$

对各次试验结果,分别计算川楝素含量和拒食率及发育抑制率之间的相关系数(r)。计算时样本中川楝素含量无具体数值者,如记为“痕量”,则用最低检出量0.005mg/g来计算,如记为“检不出”,则用0来计算。所算出的r值用“t-检验”法检查在P=0.05(相关时记为“*”)和P=0.01(相关时记为“**”)水平上的相关显著性。

试 检 结 果

将各样品提取物用HPLC分析了川楝素含量后,先用其5倍稀释液对菜青虫五龄幼虫进行生物测定,然后对活性较高的样品再用10倍、20倍稀释液做进一步测试,直至其发育抑制率低于70%为止。

楝树皮各样品的测定结果列于表1。从表中可看出不同地区所采的苦楝和川楝树皮提取物对菜青虫均有高的生物活性。不但拒食作用很强,而且试虫死亡率也很高。苦楝和川楝两个植物种之间从川楝素含量到生物活性两个方面的差异无明显规律可循。另外,MID值均小于1,且大都在0.5左右,证明试虫多死于幼虫或预蛹阶段,即其毒效较为迅速。发育抑制率、校正死亡率和MID值等几个活性指标均与样本中川楝素含量无相关性,但拒食率却和川楝素含量显著相关。同时还可看出,拒食率高过95%的则因试虫取食量太少而致毒效应降低。但四川样品却较特殊,其川楝素含量较高,5倍液处理的拒食率也高达96.4%,可是其发育抑制率在整个试验中仍为最高,达97.75%。

不同地区楝树叶、果提取物的活性均较低。表2列出了部分活性较高或具有某些特点样品的测定结果。可以看出,所有的叶片样品拒食活性较弱,毒效作用也较低。采自广东(乐昌)、浙江(杭州)、河南(扶沟)等地的川楝叶子提取物均因效果低甚至无效而未列入表2。只有四川(宜宾)的川楝叶仍表现出较高的活性。表2中所列出的7种苦楝叶样品除了广东(乐昌)的效果较低外,其余的发育抑制率均近于或超过50%。另外,MID值都在1左右,说明毒效较缓慢,试虫多死于预蛹阶段。由于叶片中测不到有川楝素存在,说明这些样品所表现出的生物活性是由其它成份所致。在果子样品中,采自山东、广东、陕西、河南等地的苦楝果提取物经测定后,发现其中不含或仅含少量川楝素。生物活性测定结果也表明其效果很低甚至无效而未列入表2。从表2列出的几种果实样品测定结果也可看出,其生物活性和川楝素含量无明显相关性。MID值变化幅度也较大而无规律可循。

试验中还对树皮、果实各组成份分别作了测定。结果表明(表3),各组织中川楝素含量与其对菜青虫的生物活性也无相关性。川楝果肉中川楝素含量高出果核仁77倍之多,但二者生物活性均较高而相差无几。相对而言,川楝果皮、果核这些硬组织则效果较低。苦楝果各组织中川楝素含量甚微,但仍有一定活性。

另外,还选了两个点的苦楝、川楝外粗皮(木栓层)提取物作了测定,发现川楝外粗皮仍也含有一定量的川楝素,而且两个样品都表现出较高的生物活性而值得引起注意(表3)。

在几种川楝素产品及副产品的测定中,首先做了对菜青虫的选择拒食作用试验,结果见表4。从表中可看出,虽就整个试验结果而言,各处理中折成纯品的川楝素浓度,与拒食率无相关性,与发育抑制率相关,同时又与MID呈负相关性。但就其中某些浓度处理相比,则差别较大。如川楝素粗制品500ppm处理中,折为纯川楝素浓度为269ppm,与纯品250ppm处理相似,但发育抑制率等几个活性指标均高出近一倍。废母液500倍处

表 1 不同地区楝树皮提取物对菜青虫五龄幼虫的生物活性* (1987.4.广州)

样 品			浓 度 (倍)	非选择拒食 率** (24h) (%)	发育抑制率 (%)	校正死亡率 (%)	MID ...
树种	点地采集	川楝素含量 (mg/g)					
川楝	河南 (扶沟)	4.223	5	97.2 a	66.70	83.1	0.79
	四川 (宜宾)	3.034	5	96.4 a	97.75	100	0.09
			10	92.3 a	87.69	91.4	0.16
			20	85.8 ab	76.36	79.2	0.14
	广东 (乐昌)	0.610	10	76.8 b	94.67	100	0.21
			20	75.4 b	78.18	84.7	0.31
	浙江 (杭州)	0.574	5	56.3 c	86.67	93.5	0.33
			10	41.9 d	60.89	77.6	0.86
苦楝	贵州 (沿河)	5.160	5	98.1 a	59.41	72.6	0.73
	陕西 (西乡)	4.697	10	90.6 a	89.33	100	0.43
			20	86.0 ab	77.27	80.9	0.18
	湖南 (沅江)	2.455	5	96.0 a	90.12	92.9	0.12
	海南 (琼中)	1.834	5	91.6 ab	95.08	100	0.02
			10	89.2 ab	73.33	77.6	0.22
	湖北 (武汉)	1.344	5	94.3 a	86.47	100	0.54
	广东 (乐昌)	1.259	5	93.1 a	90.45	93.5	0.13
			10	78.0 b	80.44	92.5	0.52
	山东 (泰安)	1.048	5	80.7 b	72.94	87.1	0.65
	河南 (郑州)	0.485	5	61.5 c	66.58	74.3	0.42
			5	79.2 b	83.97	95.9	0.50
10			43.6 d	78.67	92.5	0.60	
陕西 (武功)	0.241	5	81.0 b	77.11	91.6	0.63	
泰国苦楝	广东 (广州)	2.503	5	91.3 ab	87.70	100	0.49
			10	84.3 b	75.11	85.1	0.47
与川楝素含量间的相关性 (r)				0.6869 **	-0.1808	-0.1314	0.2391

* 对照组重复数为23, 死亡率为8.7%, 发育指数为92.39%, 以此计算各样品处理组的发育抑制率和校正死亡率, 其它试验均与此相似而不另注; 相关系数 (r) 为用各样品 5 倍稀释液测定结果数据计算而得。 ** 栏内数列后标相同字母者, 表示在方差分析 (DMRT) 中于 5% 水准上无显著差异。 *** 栏内数据为各处理中试虫被阻止发育的平均级别, 以此数和分级标准相查对, 可推知试虫被阻止发育的阶段。

表2 不同地区楝科果叶提取物对菜青虫五龄幼虫的生物活性 (1987.4.广州)¹

样 品			非选择拒食 率 ² (24h) (%)	发育抑制率 (%)	校正死亡率 (%)	MID ³
品 名	采集地点	川楝素含量 (mg/g)				
苦 楝 叶	陕西(西乡)	检不出	36.6 c	57.02	74.3	0.98
	陕西(武功)	检不出	50.5 b	55.54	76.6	1.10
	湖北(武汉)	检不出	31.2 c	64.98	80.7	0.78
	湖南(沅江)	检不出	34.0 c	48.34	70.1	1.24
	贵州(沿河)	检不出	35.2 c	75.41	100	0.98
	山东(泰安)	检不出	34.9 c	49.26	65.8	1.01
	广东(乐昌)	检不出	24.8 d	38.15	53.0	1.12
川楝叶	四川(宜宾)	检不出	55.0 b	50.80	69.9	1.09
苦楝果	海南(万宁)	0.059	70.0 a	79.98	89.0	0.41
	湖南(沅江)	0.007	27.0 cd	60.64	80.1	0.97
	湖北(武汉)	痕 量	22.1 b	69.76	87.1	0.80
	广东(乐昌)	痕 量	58.9 d	72.14	78.3	0.31
川楝果	浙江(杭州)	0.800	60.8 ab	13.41	22.4	1.61
	四川(宜宾)	0.255	71.0 a	77.86	80.1	0.11
	河南(扶沟)	0.071	11.6 d	0	0	4.00
	广东(乐昌)	0.027	29.0 c	24.23	26.9	0.40
与川楝素含量之间的相关性(r)			0.4223	-0.3918	-0.3759	0.1330

1.表中生测结果均为提取物5倍稀释液;由于叶子中检不出有川楝素存在,故r值均为苦楝果中数值计算。2.栏内数列后标相同字母者,表示在方差分析(DMRT)中于5%水准上无显著差异。3.与表1注释相同。

理中含纯川楝素仅为85ppm,但其几个活性指标甚至还稍高于纯品250ppm处理。在非选择拒食试验中(见表5),其中仅有发育抑制率一个活性指标与川楝素含量相关。各处理间的差异趋势也基本与表4相似,核试验中还增加了新工艺川楝素这一样品,其300ppm处理(折纯川楝素101.3ppm)的活性远高于100ppm纯品处理。可见在川楝素产品中,粗品对菜青虫的活性均高于纯品。证明粗品中所含的非川楝素成份可影响对试虫的生物活性。

表 3 楝树外粗皮和果实各组织中川楝素含量及其对菜青虫五龄幼虫的生物活性¹

(1987.4.广州)

样 品 ³	川楝素含量 (mg/g)	非选择拒食 率 ² (24h) (%)	发育抑制率 (%)	校正死亡率 (%)	MID ⁴
川 楝 外 粗 皮	0.149	81.8 a	85.24	100	0.59
苦 楝 外 粗 皮	检不出	71.2 ab	60.91	75.7	0.78
川 楝 果 皮	痕 量	20.7 d	64.81	78.1	0.68
川 楝 果 肉	1.543	51.4 c	80.32	90.0	0.43
川 楝 果 核	0.178	8.4 d	41.37	54.3	0.95
川 楝 果 核 仁	0.020	55.7 c	88.73	100	0.45
苦 楝 果 皮、果 肉	痕 量	66.0 b	79.71	89.0	0.42
苦 楝 果 核、核 仁	检不出	62.4 bc	71.51	89.0	0.79
与川楝素含量之间的 相关性(r)		-0.0493	0.1811	0.1017	-0.3737

1. 表中生测结果均为 5 倍稀释液。

2. 栏内数列后标相同字母者, 表示在方差分析 (DMRT) 中于 5% 水准上无显著差异。

3. 川楝外粗皮为四川 (宜宾) 样品, 其余均为贵州 (沿河) 样品。

4. 与表 1 注释相同。

表 4 几种川楝素产品对菜青虫五龄幼虫的选择拒食作用及毒效^{*} (1987.11.广州)

处 理		折纯川楝 素浓度 (ppm)	选择拒食 率 (24h) (%)	发育抑制率 (%)	校正死亡率 (%)	MID
样 品	浓 度					
川楝素纯品	250 ppm	250	54.5 c	34.87	45.2	0.91
	500 ppm	500	77.8 b	71.02	81.7	0.52
川楝素粗制品	250 ppm	135	72.5 b	29.45	45.2	1.30
	500 ppm	269	89.3 a	74.71	90.9	0.71
川楝素废母液	500 倍	85	64.1 bc	38.46	54.4	1.17
	100 倍	425	94.8 a	78.02	90.9	0.57
川楝素废 母 液 粉	500 ppm	27	65.6 bc	9.58	17.8	1.85
	2000 ppm	108	89.2 a	38.46	54.4	1.17
与川楝素含量之间的相关性 (r)			0.4029	0.8512**	0.7970*	-0.9006**

*选择拒食率栏内数列后标相同字母者表示在方差分析 (DMRT) 中, 于 5% 水平上无显著差异; MID值注释同于表 1。

表5 几种川楝素产品对菜青虫五龄幼虫的非选择拒食作用及毒效* (1987.11.广州)

处 理		折纯川楝素浓度 (ppm)	非选择拒食率 (24h) (%)	发育抑制率 (%)	校正死亡率 (%)	MID
样 品	浓 度 (ppm)					
川 楝 素 纯 品	100	100	49.1 c	25.40	48.8	1.92
	300	300	81.0 ab	68.72	78.1	0.48
川 楝 素 粗 制 品	150	80.7	56.8 c	27.79	51.4	1.84
	300	161.4	83.5 a	73.92	79.5	0.28
川 楝 素 废母液粉	500	27	52.1 c	21.80	33.3	1.38
	2000	108	76.4 b	55.88	75.6	1.04
新 工 艺 的 楝 素	300	101.3	73.6 b	54.26	74.5	1.09
	500	168.8	80.7 ab	76.53	84.3	0.37
与川楝素含量之间的相关性 (r)			0.6928	0.7320*	0.6932	-0.6761

*非选择拒食率栏内数列后标相同字母者表示在方差分析 (DMRT) 中, 于5%水平上无显著差异; MID值注释同于表1。

讨 论

本试验除了几种川楝素产品外, 只用楝树样品水提物对菜青虫作了活性测定, 至于其它溶剂提取物的活性如何, 则需另作研究。本试验主要旨在探讨楝树样品中川楝素含量与其对菜青虫生物活性的关系, 所以试验中采用的提取方法虽可把大部分川楝素提取出来, 但并不能说是将对菜青虫有活性的物质都已提取了出来。特别是样品中的非极性物质则提出甚少, 即使是抽提了部分出来, 为了便于HPLC测定而用石油醚脱脂时, 也基本上全被除去。所以, 该测定结果是有局限性的, 只能代表在该试验条件下的生物活性。

本文初次应用了发育抑制率等指标来综合评判楝树样品的生物活性。这种方法初步可使昆虫拒食剂、生长发育调节剂、表皮形成抑制剂等缓效型杀虫剂对昆虫生长发育的影响用数量的形式表达出来, 这些数值可用于多项处理效果间的相互比较, 并可避免在试验结果中列出死亡幼虫数、死亡预蛹数等大量具体的原始数据。但这只是一个尝试, 是否合理有待于进一步研讨。

从整个试验所求各样品中川楝素含量与各种活性指标的相关性方面, 可以看出随着所用样品及试验方法的不同, 所表现的相关性变化很大。几种川楝素产品及其副产品试验中, 其拒食作用均和川楝素含量无明显相关, 而致毒活性却表现出相关性。但非选择拒食作用试验中的相关程度差, 仅发育抑制率一个指标在5%水准上相关, 而选择拒食作用试验中, 几个毒效指标均表现出相关性。特别是MID值表现出负相关性, 即川楝素浓度高, 毒效作用迅速, 川楝素浓度低, 则作用较缓慢。这一点在田间实际防治时考虑

使用浓度, 药剂混用及协调防治方面有一定的参考价值。在样品提取物活性测定中, 叶片样品检不出有川楝素存在, 但苦楝叶子仍具有一定的活性。果实中虽也含有少量或微量的川楝素, 但其所表现出的生物活性也与川楝素含量无关。从而证明试验中叶、果各样品所表现的生物活性则为其它物质所致而需做进一步探讨。各树皮样品中均含有较丰富的川楝素, 虽然在含量上差异较大, 但对菜青虫的生物活性均较高, 川楝素含量和拒食活性表现出正相关但和其它几个活性指标则不相关, 而且各样品间差异较大。有的样品川楝素含量较低, 但毒效作用却很强, 如浙江(杭州)的苦楝和川楝样品, 有的样品川楝素含量高, 拒食作用很强, 但毒效较低, 如贵州(沿河)的苦楝皮, 是其拒食作用影响了取食量还是其本身毒效低则需再作研究; 四川样品不但拒食作用强, 而且毒效也很高而值得引起注意。这些相关性及活性上的差异说明除了川楝素外, 其它物质也对生物活性有所影响。这种影响除了直接表现出的活性变化外, 根据昆虫毒理学观点, 多种成份相互作用的现象在延缓和防止害虫产生抗药性方面也有着深远的意义。

各地所采楝树样品中川楝素含量及其生物活性存在着较明显的地域生态型关系。四川样品的叶中虽检不出川楝素存在, 但皮、果中川楝素含量较高。特别是在生物测定中皮、果、叶提取物均表现出高的生物活性。这在全部楝树样本中是独一无二的。靠近四川的陕西(西乡)、贵州(沿河)所采的苦楝样品中川楝素含量也很高, 故对这一地域的地理生态特点应做进一步研究。地处亚热带的广东、海南岛几个采样点楝树皮中虽然川楝素含量不多, 但生物活性却很高。是否因气候的影响而致其皮内还有其它具活性次生物质, 也还需进一步测试。从湖南、湖北、贵州、广东、海南岛等较低纬度地区所采楝果的生物活性较高, 有利用的价值。而从陕西、河南、山东等较高纬度地区所采楝果的生物活性均很低。当然除了上述几点从大体情况所推测出的某些生态型与生物活性方面的关系外, 可能还与采集点的土壤质地、土壤酸碱度、降雨量及周围植被等条件有关而尚待探讨。

楝树外粗皮及川楝素废母液有利用的价值。川楝素的生产是楝树皮的韧皮部, 外粗皮是弃之不用的。生产川楝时, 滤过川楝素结晶后的母液也为无用的废料。本试验结果表明, 楝树外粗皮及废母液中, 不但含有一定量的川楝素, 而且也具有较强的生物活性。这可供以后楝树杀虫物质的生产和应用作参考。

本研究表明, 楝树提取物及川楝素粗产品具较高的生物活性, 可考虑用来防治菜青虫。虽然已有报道肯定了川楝素对菜青虫的防治效果^[5], 但本试验结果可以说明川楝素只是对试虫起作用的一个重要成份, 楝树提取物及川楝素粗产品中所含的其它物质也与生物活性的表现有关。川楝素粗产品提制方便、成本低、效果高、对环境安全, 用来防治菜青虫, 从生态效益、经济效益直至社会效益都是可行的。但粗产品中的非川楝素成份是其本身有生物活性, 还是对川楝素有增效作用, 或是多种物质的协同作用, 还需作深入细致的工作。

引用文献

- [1] 张兴, 赵善欢. 华南农学院学报, 1983; 4 (3): 1—7
- [2] 张格成, 李继洋. 中国柑桔, 1985; (2): 35—36
- [3] 赵善欢, 张兴. 中国农业科学, 1982; (2): 55—62
- [4] 赵善欢, 黄端平, 张兴. 昆虫学报, 1985; 28 (4): 450—453
- [5] 赵善欢, 曹毅等. 植物保护学报, 1985; 12 (3): 125—131
- [6] 赵善欢, 张兴. 华南农业大学学报, 1987; 8 (2): 57—67
- [7] Chiu Shiu-Foon, Zhang Ye-Guang 1984 Effects of some plant materials of Meliaceae on fifth instar larvae of *Spodoptera litura* as feeding inhibitors. *Neem Newsletter* 1 (3): 23—24
- [8] Mikolajczak, K. L.; Reed, D. K. 1987 Extractives of seeds of the Meliaceae; effects on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Acclymma vittatum* (F.), and *Artemia salina* Leach. *Journal of Chemical Ecology*, 13 (1), 99—111

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE BIOACTIVITY AND
THE CONTENT OF TOSENDANIN IN CHINABERRY

Zhang Xing Znanq Minli Chiu Shin-Foon

(Laboratory of Insect Toxicology)

ABSTRACT

The bioactivity of the samples of two species of chinaberry, *Melia toosendan* Sieb. et zucc. and *M. azdarach* L. collected from different parts of China was assayed with the larvae of imported cabbage worm (*Pieris rapae* L.). The relationship between the bioactivity and the content of toosendanin analysed by means of HPLC in the samples is discussed. Toosendanin was mainly found in the bark. None or very little toosendanin was found in the leaves and fruits, but they still showed some toxicity to the larvae. Some samples and crude products of toosendanin showed stronger bioactivity as compared with the results from samples containing the same amount of pure toosendanin. This indicates that other than the toosendanin, the constituents in the samples and crude products possess certain bioactivity and possibly some synergistic or antagonistic effects with toosendanin. The ecotypes of chinaberry from different parts of China with regard to their contents of toosendanin and bioactivity is also studied. The chinaberry from Sichuan Province and neighboring region was found to be particularly rich in toosendanin and actively to the insect tested and is worth further investigations. The results of our experiments indicate that an economic, effective and practicable method of using the crude products of toosendanin for controlling the imported cabbage worm and other insects is very promising.

Key words, *Melia toosendan* Sieb. et Zucc., *Melia azedarach* L., Toosendanin, *Pieris rapae* L., Antifeedant, Insect growth regulator