

网络出版时间:2016-07-12 08:45

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.08.023

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160712.0845.046.html>

中国粗榧杀虫活性初步研究

马树杰¹, 李雪娇¹, 马志卿^{1,2}, 张兴^{1,2}

(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 陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 【目的】明确中国粗榧的杀虫活性并初步探索其活性成分分离条件, 为进一步深入研究中国粗榧的杀虫作用奠定基础。【方法】采用室内生物活性测定方法, 评价中国粗榧丙酮提取物对小菜蛾、粘虫、玉米象、淡色库蚊、家蝇、烟蚜和酢浆草蚜叶螨等7种重要害虫的杀虫活性; 并以粘虫3龄幼虫为试虫, 采用活性追踪初步探索中国粗榧中杀虫活性成分的分离条件。【结果】中国粗榧丙酮提取物对供试的7种重要害虫均具有一定的生物活性, 其中对小菜蛾和粘虫幼虫的杀虫活性较好, 处理48 h后, 其对小菜蛾3龄幼虫的胃毒致死中浓度(LC₅₀)为74.94 mg/mL, 拒食中浓度(AFC₅₀)为45.39 mg/mL, 对粘虫3龄幼虫的胃毒LC₅₀为562.28 mg/mL, AFC₅₀为71.96 mg/mL; 处理24 h后, 对粘虫3龄幼虫的触杀致死中量(LD₅₀)为0.22 mg/头; 初步分离结果表明, 中国粗榧杀虫活性成分主要集中在石油醚萃取物中的Y5和Y6组分中, 点滴量为0.05 μg/头时, 其触杀死亡率均为100%。【结论】中国粗榧丙酮提取物具有较好的杀虫活性, 其作用方式表现为拒食、胃毒及触杀, 活性成分主要是非极性亲脂物质。

[关键词] 中国粗榧; 小菜蛾; 粘虫; 杀虫活性; 植物源农药

[中图分类号] S482.5⁺2

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)08-0155-07

Preliminary study on insecticidal activity of extracts from *Cephalotaxus sinensis*

MA Shujie¹, LI Xuejiao¹, MA Zhiqing^{1,2}, ZHANG Xing^{1,2}

(1 Research & Development Center of Biorational Pesticide, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Research Center of Biopesticide Technology & Engineering, Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】This research preliminarily evaluated insecticidal activity of extracts from *Cephalotaxus sinensis* against seven pests and explored the separation conditions. 【Method】Activities of *C. sinensis* against seven pests (*Plutella xylostella*, *Mythimna separate*, *Sitophilus zeamais*, *Culex pipiens pallens*, *Musca domestica*, *Myzus persicae* and *Tetranychina hani*) were determined by laboratory bioactivity method, and the separation conditions of main active ingredients in *C. sinensis* extracts were explored by bio-assay guided method. 【Result】*C. sinensis* extracts had high toxic effects against all tested pests, among which larva of *P. xylostella* and *M. separate* were more susceptible than others. After 48 h, the LC₅₀ and AFC₅₀ against 3rd larva of *P. xylostella* were 74.94 mg/mL and 45.39 mg/mL, and those against 3rd larva of *M. separate* were 562.28 mg/mL and 71.96 mg/mL, respectively. *C. sinensis* extracts also exhibited contact poisoning activity against 3rd larva of *M. separata* with LD₅₀ of 0.22 mg/larva after 24 h. The main active ingredients existed in the Y5 and Y6 fractions of petroleum ether extracts by column chromatography isolation under bioassay guided method, with the contact mortality of 100% at the dosage of 0.05 μg/larva. 【Conclusion】*C. sinensis* extracts showed potentially insecticidal activity against many pests through an-

【收稿日期】 2015-01-18

【基金项目】 陕西省科技计划项目“中国粗榧杀虫作用及其产品研究”(2014K02-10-03)

【作者简介】 马树杰(1990—), 男, 山东茌平人, 在读博士, 主要从事植物源杀虫剂研究。E-mail: mashujie89@126.com

【通信作者】 马志卿(1975—), 男, 新疆奇台人, 教授, 主要从事农药毒理学研究。E-mail: mazhiqing2000@126.com

tifeedant, stomach poisoning and contact poisoning. The active ingredients were nonpolar lipid materials.

Key words: *Cephalotaxus sinensis*; *Plutella xylostella*; *Mythimna separata*; insecticidal activity; botanical pesticide

筛选和评价植物资源的杀虫活性是植物源农药研发的重要基础性工作^[1-2]。西北农林科技大学无公害农药研究服务中心在对西北地区杀虫活性植物广泛筛选时发现,中国粗榧(*Cephalotaxus sinensis*)对粘虫具有较强的拒食和胃毒活性^[3],有进一步研究价值。中国粗榧隶属三尖杉科三尖杉属,该科仅三尖杉属 1 属,有 9 个种,中国产 7 种 3 变种及 1 引种栽培变种^[4-5]。在我国民间,三尖杉属植物常被作为消积驱虫药,同时具有消炎、润肺的功能,主治蛔虫病、钩虫病、食积等病症^[6]。20 世纪 60 年代, Powell 等^[7]首次发现三尖杉属植物中的三尖杉酯碱类化合物具有抑制小鼠白血病细胞生长的作用,之后国内外对三尖杉属植物的化学成分、药用活性及活性化合物合成开展了广泛研究^[8-10]。然而,目前有关该植物杀虫活性的相关研究尚未见系统报道。

因此,本研究采用室内生物活性测定方法,评价了中国粗榧丙酮提取物对小菜蛾(*Plutella xylostella*)、粘虫(*Mythimna separata*)、玉米象(*Sitophilus zeamais*)、淡色库蚊(*Culex pipiens pallens*)、家蝇(*Musca domestica*)、烟蚜(*Myzus persicae*)和酢浆草茹叶螨(*Tetranychina hani*)等 7 种重要害虫的杀虫活性;并以粘虫 3 龄幼虫为试虫,采用活性追踪法探索了中国粗榧中杀虫活性成分的初步分离条件,以期为进一步深入研究该植物的杀虫作用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试植物样品 中国粗榧 2011 年 8 月采自陕西省眉县营头林场,由西北农林科技大学生命科学院李琰博士鉴定,取其枝叶,置于室内通风处阴干后,于 40 ℃ 恒温烘干,粉碎后过孔径 0.425 mm 筛,放入密封袋中备用。

1.1.2 供试昆虫 小菜蛾、粘虫、玉米象、淡色库蚊和家蝇均为室内(温度(26±1)℃,相对湿度(65±5)%,光/暗周期为 12 h/12 h)长期饲养的敏感品系,由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心养虫室提供。分别选择小菜蛾、粘虫和淡色库蚊的 3 龄幼虫及玉米象和家蝇成虫用于试验,试虫个体

大小一致、健康活泼。

烟蚜和酢浆草茹叶螨采自西北农林科技大学无公害农药研究服务中心温室,选取大小一致、健康活泼的无翅成蚜或成螨供试。

1.2 试验方法

1.2.1 中国粗榧提取物的制备 采用超声波法^[11]进行试验。称取植物干粉 300 g,加入丙酮(料(g)液(mL)比为 1:10)进行超声波提取,每次 30 min,重复提取 3 次;过滤,滤液在 50 ℃ 减压蒸馏浓缩,即得到 20.32 g 丙酮浸膏,置于 4 ℃ 冰箱内保存,用于杀虫活性测定。

1.2.2 中国粗榧杀虫活性的追踪 以粘虫 3 龄幼虫为试虫进行活性追踪试验。取上述浸膏 17.32 g,用饱和食盐水捏溶分散,依次用石油醚、乙酸乙酯和正丁醇萃取,各萃取物分别浓缩制得石油醚浸膏 7.15 g、乙酸乙酯浸膏 2.96 g 和正丁醇浸膏 6.54 g。对上述 3 种浸膏进行同等剂量(500 mg/mL)下的生测比较,确定石油醚浸膏的杀虫活性最高,对其进一步进行柱层析分离,具体步骤为:将石油醚相浸膏 6.50 g 用少量石油醚溶解后吸附在适量硅胶上进行硅胶柱层析,用石油醚/乙酸乙酯(体积比 100:1, 50:1, 30:1, 25:1, 20:1, 15:1, 10:1, 8:1, 5:1, 3:1, 1:1)、乙酸乙酯、丙酮和甲醇依次洗脱。测定各洗脱组分的杀虫活性,进一步选取高活性组分进行二次硅胶柱层析,依次用石油醚/丙酮(体积比同上)、丙酮和甲醇洗脱。

1.2.3 杀虫活性的测定 采用小叶碟添加法^[12]测定供试材料对粘虫 3 龄幼虫的拒食及胃毒活性。具体方法为:将新鲜的玉米叶片用圆形打孔器(直径 1.0 cm)打成叶碟,置于配制好的药液(质量浓度 100, 500 mg/mL)中浸渍 3 s,自然晾干后,放入培养皿(直径为 9 cm)中,再接入饥饿 4 h 的试虫。

采用叶片浸渍法^[12]测定试材对小菜蛾 3 龄幼虫的拒食及胃毒活性。将新鲜的甘蓝叶片用圆形打孔器(直径 1.5 cm)打成叶碟,放入提取物药液(质量浓度 100, 500 mg/mL)中浸 3 s,自然晾干,放入直径 9 cm 的培养皿中,每皿内等距离放 4 片叶碟,十字交叉型排列,4 个对照叶碟另皿放置,接入饥饿 4 h 的小菜蛾 3 龄幼虫。

采用浸虫浸叶法^[13]测定试材对烟蚜的触杀活

性。称取一定量提取物,用吐温-80 水溶液稀释到供试质量浓度(50,100 mg/mL),将挑好的试虫连带叶片一起在药液中浸渍 5 s 后取出,用吸水纸吸干药液,以吐温-80 水溶液作为空白对照。

采用玻片浸渍法^[13]测定试材对酢浆草茹叶螨的触杀作用。以吐温-80 水溶液稀释中国粗榧丙酮浸膏至供试质量浓度(100,200 mg/mL),将粘好的酢浆草茹叶螨玻片在药液中浸渍 5 s 取出,用吸水纸吸去多余药液,以吐温-80 水溶液作为空白对照。

采用浸液法^[12]测定试材对淡色库蚊幼虫的触杀作用。以吐温-80 水溶液稀释中国粗榧丙酮浸膏到质量浓度(2.5,5.0 mg/mL),再接入事先挑好的试虫,以吐温-80 水溶液作为空白对照。

采用微量点滴法^[12]测定试材对粘虫、家蝇和玉米象的触杀作用。以微量点滴仪点滴药液至粘虫 3 龄幼虫前胸背板(药物质量浓度为 250,500 mg/mL)、家蝇成虫前胸背板(药物质量浓度为 500,1 000 mg/mL)及玉米象成虫腹面(药物质量浓度为

500,1 000 mg/mL),以点滴等量丙酮为对照。

上述生测试验中,各处理均重复 3 次,其中粘虫、小菜蛾、淡色库蚊幼虫、家蝇和玉米象每重复 10 头试虫,酢浆草茹叶螨和蚜虫每重复 30 头试虫。处理后,均放置于养虫室(温度(26±1)℃,相对湿度(65±5)%,光/暗周期为 12 h/12 h)培养,分别于处理后 24,48 和 72 h 进行统计,计算死亡率、拒食率及校正死亡率。

1.3 数据处理

采用 SPSS 16.0 软件的机率值分析法求出致死中浓度(LC₅₀)、拒食中浓度(AFC₅₀)和致死中量(LD₅₀)及 95%置信限。

2 结果与分析

2.1 中国粗榧丙酮提取物的杀虫活性

按照 1.2.3 节的杀虫活性测定方法,中国粗榧丙酮提取物的杀虫活性测定结果见表 1~4。

表 1 中国粗榧丙酮提取物对粘虫和小菜蛾 3 龄幼虫的拒食与胃毒活性

Table 1 Antifeedant and stomach poisoning activity of *Cephalotaxus sinensis* extracts against 3rd larva of *Mythimna separata* and *Plutella xylostella*

试虫 Insects	丙酮提取物/ (mg·mL ⁻¹) Extracts	拒食率/% Antifeedant rate		死亡率/% Mortality		
		24 h	48 h	24 h	48 h	72 h
粘虫 <i>M. separata</i>	500	100.00	100.00	0.00	66.67±3.33	80.00±5.77
	100	86.67±5.77	80.00±2.89	0.00	6.90±0.31	13.67±0.33
小菜蛾 <i>P. xylostella</i>	500	100.00	95.00±2.89	0.00	96.67±0.88	100.00
	100	70.00±5.77	74.20±3.00	0.00	13.33±0.88	43.33±3.33

表 2 中国粗榧丙酮提取物对 6 种害虫的触杀活性

Table 2 Insecticidal activity of *Cephalotaxus sinensis* extracts against six pests

试虫 Insects	丙酮提取物/(mg·mL ⁻¹) Extracts	死亡率/% Mortality	
		24 h	48 h
烟蚜 <i>M. persicae</i>	100	38.90±1.44	—
	50	7.10±0.06	—
酢浆草茹叶螨 <i>T. hani</i>	200	50.80±1.21	—
	100	32.10±0.75	—
淡色库蚊 <i>C. pipiens</i>	5.0	26.67±0.62	83.33±3.33
	2.5	10.00±0.58	23.33±1.67
玉米象 <i>S. zeamais</i>	1 000	36.67±0.45	45.00±2.89
	500	26.67±3.33	30.00±2.89
家蝇 <i>M. domestica</i>	1 000	20.00±0.58	43.33±3.33
	500	6.67±0.33	26.67±3.33
粘虫 <i>M. separata</i>	500	53.33±0.40	76.67±3.33
	250	40.00±1.15	56.67±3.33

注:“—”表示未测定。
Note:“—” means not tested.

从表 1 和表 2 可知,中国粗榧丙酮提取物对 7 种害虫均具有一定的杀灭活性,其中对粘虫和小菜蛾 3 龄幼虫均具有较好的拒食和胃毒作用,且对粘

虫兼具触杀作用;对烟蚜和酢浆草茹叶螨也表现出一定的触杀活性,在 100 mg/mL 的质量浓度下,烟蚜 24 h 死亡率为 38.90%,酢浆草茹叶螨的 24 h 死

亡率为 32.10%;对淡色库蚊幼虫的毒杀活性明显,随着丙酮提取物质量浓度的升高和处理时间的延长,试虫的死亡率明显增高;对玉米象和家蝇的触杀活性较差,在 500 mg/mL 的质量浓度下,处理 48 h 后,玉米象和家蝇死亡率分别为 30.00%和 26.67%。

表 3 中国粗榧丙酮提取物对粘虫和小菜蛾 3 龄幼虫的拒食毒力分析

Table 3 Antifeedant of *Cephalotaxus sinensis* extracts against 3rd larva of *Mythimna separate* and *Plutella xylostella*

试虫 Insect	处理时间/h Time	毒力回归方程 Toxicity regression equation	AFC ₅₀ /(mg·mL ⁻¹)		χ^2 值 χ^2 value
			均值 Average value	95%置信区间 95% fiducial interval	
粘虫 <i>M. separate</i>	24	$y=2.41x-4.80$	98.01	76.51~124.85	2.72
	48	$y=2.86x-5.30$	71.96	57.06~89.23	2.33
小菜蛾 <i>P. xylostella</i>	24	$y=2.76x-4.18$	46.28	34.68~58.90	1.08
	48	$y=2.98x-4.94$	45.39	38.47~52.74	3.10

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。表 4 同。

Note:Equation fits the fact unless “ χ^2 ” is less than 7.81. The same for Table 4.

表 4 中国粗榧丙酮提取物对粘虫和小菜蛾 3 龄幼虫的胃毒和触杀毒力分析

Table 4 Stomach and contact toxicity of *Cephalotaxus sinensis* extracts against 3rd larva of *Mythimna separate* and *Plutella xylostella*

类型	试虫 Insect	处理时间/h Time	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC ₅₀ /(mg·mL ⁻¹)或 LD ₅₀ /(mg·头 ⁻¹)		χ^2 值 χ^2 value
				测定值 Average value	95%置信区间 95% FL	
胃毒毒力 Stomach toxicity	粘虫 <i>M. separate</i>	48	$y=1.07x-2.93$	562.28	499.71~614.54	0.87
		72	$y=2.05x-4.18$	109.22	83.21~144.16	0.87
	小菜蛾 <i>P. xylostella</i>	48	$y=2.19x-4.11$	74.94	54.32~98.69	2.12
		72	$y=2.25x-3.99$	59.64	40.08~80.65	1.50
触杀毒力 Contact toxicity	粘虫 <i>M. separate</i>	24	$y=1.86x+1.21$	0.22	0.17~0.32	2.49

由表 3 可见,中国粗榧丙酮提取物对粘虫和小菜蛾 3 龄幼虫均表现出较强的拒食作用,其中对小菜蛾的拒食活性高于粘虫,且 24 h 的 AFC₅₀ 值略高于 48 h;处理 48 h 后,丙酮提取物对粘虫的 AFC₅₀ 为 71.96 mg/mL,而小菜蛾的 AFC₅₀ 为 45.39 mg/mL。

由表 4 可见,中国粗榧丙酮提取物对粘虫和小菜蛾 3 龄幼虫表现出较好的胃毒作用,且随着处理时间的延长,胃毒作用增强,其中对小菜蛾的胃毒作用明显高于粘虫,48 h 的 LC₅₀ 分别为 74.94 和

562.28 mg/mL。中国粗榧丙酮提取物对粘虫具有较好的触杀作用,处理 24 h 后,对粘虫的 LD₅₀ 为 0.22 mg/头。

2.2 中国粗榧不同极性溶剂萃取物对粘虫的杀虫活性

为了进一步明确中国粗榧活性成分的极性范围,以粘虫 3 龄幼虫为试虫,采用小叶碟添加法测定中国粗榧丙酮提取物不同极性溶剂萃取物在 500 mg/mL 下的杀虫活性,结果见表 5。

表 5 中国粗榧不同极性溶剂萃取物对粘虫 3 龄幼虫的杀虫活性

Table 5 Insecticidal activity of different solvent extracts from *Cephalotaxus sinensis* against 3rd larva of *Mythimna separate*

样品 Sample	24 h 拒食率/% Antifeedant rate	死亡率/% Mortality	
		48 h 胃毒 Stomach toxicity	24 h 触杀 Contact toxicity
石油醚相 Petroleum ether extracts	100.00	86.20±3.13	93.33±3.33
乙酸乙酯相 Ethyl acetate extracts	100.00	3.33±0.33	0.00
正丁醇相 Butanol extracts	10.33±0.58	0.00	0.00
丙酮提取物 Extracts	100.00	66.67±3.33	53.33±0.40

由表 5 可以看出,中国粗榧不同极性溶剂萃取物的杀虫活性差异较大,其中石油醚相和乙酸乙酯相均表现出强拒食作用,24 h 的拒食率均为 100.00%;仅石油醚相表现出较好的胃毒和触杀作

用,48 h 胃毒死亡率达 86.20%,24 h 的触杀死亡率为 93.33%;正丁醇相无明显活性。可见中国粗榧中对粘虫具有杀虫活性的物质主要集中在石油醚萃取相中,乙酸乙酯相也存在拒食活性成分。

2.3 中国粗榧石油醚相萃取物柱层析不同组分对粘虫的杀虫活性

对石油醚相进行柱层析分离,经薄层层析检测,浓缩合并得到 19 个组分,按洗脱顺序分别记为 S1~S19。生测结果(表 6)表明,杀虫活性成分主要集中在 S6 组分中,对其进行二次硅胶柱层析,经薄

层层析检测,浓缩合并得到 9 个组分,按洗脱顺序分别记为 Y1~Y9。生测结果(表 7)表明,杀虫活性成分主要集中在 Y5 与 Y6 组分中,其 24 h 的死亡率均为 100%;而 Y2、Y4 与 Y7 中也存在一定的活性成分,24 h 的死亡率在 40%~60%。

表 6 中国粗榧石油醚相萃取物一次柱层析不同组分对粘虫 3 龄幼虫的触杀活性
Table 6 Contact pinioning of fractions from *C. sinensis* column chromatography against 3rd larva of *M. separata*

组分 Fractions No.	死亡率/% Mortality	组分 Fractions No.	死亡率/% Mortality	组分 Fractions No.	死亡率/% Mortality
S1	0.00	S8	10.0	S15	3.33
S2	0.00	S9	6.78	S16	6.78
S3	6.78	S10	6.78	S17	10.00
S4	90.00	S11	3.33	S18	0.00
S5	70.00	S12	6.78	S19	0.00
S6	100.00	S13	3.33		
S7	16.78	S14	6.78		

表 7 S6 组分二次柱层析不同组分对粘虫 3 龄幼虫的触杀活性
Table 7 Contact pinioning of fractions from S6 column chromatography against 3rd larva of *M. separata*

组分 Fractions No.	死亡率/% Mortality	组分 Fractions No.	死亡率/% Mortality	组分 Fractions No.	死亡率/% Mortality
Y1	0.00	Y4	60.00	Y7	60.00
Y2	40.00	Y5	100.00	Y8	0.00
Y3	0.00	Y6	100.00	Y9	0.00

3 讨 论

中国粗榧丙酮提取物具有较好的杀虫活性且作用方式多样,作用谱较广,有必要对其进行深入研究。本研究结果表明,中国粗榧丙酮提取物对鳞翅目、同翅目、双翅目和鞘翅目的供试害虫均具有一定的杀虫作用,且兼具杀螨活性;同时表现出拒食、胃毒和触杀等不同的作用方式。苍耳(*Xanthium sibiricum* Patrín ex Widder)氯仿提取物对粘虫 3 龄幼虫 72 h 的 AFC_{50} 为 198.5 mg/mL,胃毒和触杀 LC_{50} 分别为 899.7 和 198.5 mg/mL^[14];节裂角茴香(*Hypocoum leptocarpum* Hook. f. et Thoms)乙醇提取物(1 g/mL)对粘虫 48 h 的拒食率为 90.78%,触杀和胃毒校正死亡率最高为 33.33% 和 23.3%^[15];穗花马先蒿(*Pedicularis spicata* Pall)乙醇提取物对小菜蛾 3 龄幼虫 48 h 的 LC_{50} 为 4.663 g/L^[16]。与上述研究结果相比,中国粗榧提取物的杀虫活性较好,对粘虫 3 龄幼虫的 48 h 胃毒 LC_{50} 为 562.28 mg/mL, AFC_{50} 为 71.96 mg/mL,处理 24 h 后,对粘虫 3 龄幼虫的触杀致死中量(LD_{50})为 0.22 mg/头。相比而言,中国粗榧丙酮提取物的杀虫活性有进一步研究的价值。

中国粗榧杀虫活性成分是非极性亲脂物质。本

研究表明,中国粗榧中杀虫活性物质主要集中在石油醚相,石油醚为亲脂性非极性化学溶剂,根据“相似相溶”原理,中国粗榧的杀虫活性物质属非极性亲脂物质。目前,虽然对中国粗榧的化学成分尚未见系统报道,但三尖杉属植物黔产三尖杉和贡山三尖杉中均存在大量小极性化合物,主要有二环倍半萜(β -石竹烯等)、链状倍半萜(金合欢醇等)以及棕榈酸等^[17-22]。因此,有必要针对中国粗榧中的小极性化合物进行分离,有望获得杀虫活性成分。

另外,中国粗榧提取物的其他农用活性研究也值得关注。除杀虫活性外,其对线虫有较强的毒杀活性^[23],其生物碱衍生物对烟草花叶病毒具较好的钝化作用^[24],并具有除草活性^[25-26],但至今未见系统研究。鉴于中国粗榧为我国特有植物,其资源丰富,农用活性多样,有必要对该植物进行深入研究。

4 结 论

中国粗榧提取物对粘虫、小菜蛾、玉米象、家蝇、淡色库蚊、烟蚜和酢浆草茹叶螨等多种害虫均具有较好的杀虫活性,且表现出拒食、胃毒和触杀等多种作用方式,其活性成分主要是非极性亲脂物质,有开发为新型植物源杀虫剂的潜力,值得进一步研究。

[参考文献]

- [1] 周利娟,黄继光,安玉兴,等.我国 29 种特有植物的杀虫活性初探 [J].植物保护学报,2006,33(1):87-93.
Zhou L J, Huang J G, An Y X, et al. Preliminary studies on insecticidal activities of twenty nine species of Chinese indigenous plant [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2006, 33(1): 87-93.
- [2] Alexenizer M, Dorn A. Screening of medicinal and ornamental plants for insecticidal and growth regulating activity [J]. Journal of Pest Science, 2007, 80(4): 205.
- [3] 张宏利,冯俊涛,张 兴,等.秦岭山区 204 种植物对粘虫生物活性测定 [J].西北林学院学报,2004,19(3):92-94.
Zhang H L, Feng J T, Zhang X, et al. Insecticidal activity of 204 plants to mythimna separate in the Qinling Mountains [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004, 19(3): 92-94.
- [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志 [M].北京:科学出版社,1978:432-482.
Editorial Board of Flora of China. Flora of China [M]. Beijing: China Sciencetech Press, 1978: 432-482.
- [5] 周秀佳,胡之璧.中国三尖杉属植物资源研究 [J].湖北农学院学报,1997,17(2):100-103.
Zhou X J, Hu Z B. Study on the plant resources of *Cephalotaxus* [J]. Journal of Hubei Agricultural College, 1997, 17(2): 100-103.
- [6] 浙江省三尖杉研究协作组.三尖杉属植物生物碱的临床研究 [J].浙江肿瘤通讯,1976,8(2):14-18.
Research Group of Cephalotaxus. The clinical research of the alkaloids from *Cephalotaxus* [J]. Zhejiang Tumor Communication, 1976, 8(2): 14-18.
- [7] Powell R G, Milolajczak K L, Weisheder D, et al. Alkaloids of *Cephalotaxus wilsoniana* [J]. Phytochemistry, 1972, 61(8): 1227-1230.
- [8] 孙南君,薛 智,梁晓天.新抗癌有效成分海南粗榧内酯结构的研究 [J].药学报,1979(1):39-43.
Sun N J, Xue Z, Liang X T. The structure research of new anti-cancer active Ingredient-Hainanolide [J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 1979(1): 39-43.
- [9] Morita H, Nagakura Y, Hosoya T, et al. Cephistigiamide a, and antiplasmodial activity of *Cephalotaxus alkaloids* from *Cephalotaxus harringtonia* forma Fastigiata [J]. Heterocycles, 2010, 81(2): 441-450.
- [10] Politi M, Braca A, De Tommasi N, et al. Antimicrobial diterpenes from the seeds of *Cephalotaxus harringtonia* var. *drupacea* [J]. Planta Medica-Natural Products and Medicinal Plant Research, 2003, 69(5): 468-469.
- [11] 李治伟,陆德玲,张 兴,等.巴东醉鱼草不同方法提取物的杀虫活性 [J].西北农业学报,2009,18(5):109-112.
Li Z W, Lu D L, Zhang X. The insecticidal activity of extracts with different methods from *Buddleja albiflora* Hemsl [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2009, 18(5): 109-112.
- [12] 吴文君.植物化学保护实验技术导论 [M].西安:陕西科学技术出版社,1988:72-77.
- [13] 郭致杰,胡冠芳,刘敏艳,等.顶羽菊提取物对蚜虫和朱砂叶螨的生物活性研究 [J].草地学报,2012,20(5):957-960.
Guo Z J, Hu G F, Liu M Y, et al. Biological activities of *Acroptilon repens* extract against aphid and *Tetranychus cinnabarinus* [J]. Acta Agrestia Sinica, 2012, 20(5): 957-960.
- [14] 张君霞,张新虎,沈慧敏.苍耳提取物对萝卜蚜和粘虫作用方式及解毒酶活性影响的研究 [J].草业学报,2014,23(4):276-284.
Zhang J X, Zhang X H, Shen H M. Mode of action and detoxifying enzymes activity of the crude extracts of *Xanthium strumarium* on *Lipaphis erysimi* and *Mythimna separata* [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2014, 23(4): 276-284.
- [15] 张君霞,杨晓华,杨顺义,等.节裂角茴香几种溶剂提取物对粘虫的作用方式研究 [J].草业学报,2013,22(6):167-172.
Zhang J X, Yang X H, Yang S Y, et al. Mode of action of different solvent extracts of *Hypecoum leptocarpum* Hook. f. et Thoms on *Mythimna separata* [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2013, 22(6): 167-172.
- [16] 郝凤霞,梁 瑞,杨敏丽.穗花马先蒿提取物的杀虫活性研究 [J].湖北农业科学,2010,49(2):359-360.
Hao F X, Liang R, Yang M L. Study on the insecticidal activities of the extracts from *Pedicularis spicata* [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2010, 49(2): 359-360.
- [17] 苏应娟,王 艇.三尖杉叶精油化学成分的研究 [J].武汉植物学研究,1995,13(3):280-282.
Su Y J, Wang T. A study on chemical constituents of essential oil from *Cephalotaxus Fortunei* leaves [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 1995, 13(3): 280-282.
- [18] 薛 智,徐丽珍,陈迪华.海南粗榧中的微量生物碱 [J].药学报,1981(10):752-756.
Xue Z, Xu L Z, Chen D H. Bits of alkaloids from *Cephalotaxus hainanensis* [J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 1981(10): 752-756.
- [19] 梅文莉,吴 娇,戴好富.三尖杉属植物化学成分与药理活性研究进展 [J].中草药,2006,37(3):452-458.
Mei W L, Wu J, Dai H F. Advances in studies on chemical constituents in plants of *Cephalotaxus* Sieb. et Zucc. and their pharmacological activities [J]. Chinese Herbal Medicine, 2006, 37(3): 452-458.
- [20] 刘胜兰,戴好富,曾艳波,等.海南粗榧中的苯丙素类化合物及其抗氧化活性 [J].中国药物化学,2008,18(3):215-218.
Liu S L, Dai H F, Zeng Y B, et al. Antioxidant phenylpropanoids from *Cephalotaxus hainanensis* [J]. Chinese Medicinal Chemistry, 2008, 18(3): 215-218.
- [21] 刘胜兰,曾艳波,韩 壮,等.海南粗榧中的木脂素及其抗氧化活性 [J].河南大学学报,2008,27(3):29-31.
Liu S L, Zeng Y B, Han Z, et al. Antioxidant lignans from *Cephalotaxus hainanensis* [J]. Journal of Henan University, 2008, 27(3): 29-31.

[22] 何洪源. 中国粗榧果实和枝叶中三尖杉酯碱和高三尖杉酯碱分离方法的研究 [J]. 中草药,2001,32(3):201-202.
He H Y. Study on the separation of harringtonine and homobarringtonie from the fruit and leaves of *Cephalotaxus sinensis* [J]. Chinese Herbal Medicine,2001,32(3):201-202.

[23] 文艳华,冯志新,徐汉虹. 植物抽提物对几种植物病原线虫的杀线活性筛选 [J]. 华中农业大学学报,2001,20(3):235-238.
Wen Y H, Feng Z X, Xu H H. Screening on the nematicidal activities of plant extracts against nematode [J]. Journal of Huazhong Agricultural University,2001,20(3):235-238.

[24] 辛玉成,王元庆. 三尖杉酯碱合成物质对烟草花叶病毒的作用效果初报 [J]. 莱阳农学院学报,1998,15(3):205-207.
Xin Y C, Wang Y Q. Study on synthetic harringtonine of inhibition tobacco virus diseases [J]. Journal of Laiyang Agricultural College,1998,15(3):205-207.

[25] 郝双红,魏 艳,张 璟,等. 中国粗榧枝叶提取物分离及其对反枝苋的除草活性 [J]. 农药学报,2006,8(1):91-94.
Hao S H, Wei Y, Zhang J, et al. Herbicidal activity of twig and needle extracts from *Cephalotaxus sinensis* against *Amaranthus retroflexus* [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2006,8(1):91-94.

[26] 拓亚琴,慕小倩,郝双红. 中国粗榧生物碱除草活性 [J]. 农药,2006,45(1):52-53.
Tuo Y Q, Mu X Q, Hao S H. The herbicidal activity of alkaloids from *Cephalotaxus sinensis* [J]. Pesticide, 2006,45(1):52-53.

(上接第 154 页)

[14] 李孟楼,李有忠,雷 琼,等. 释放花绒寄甲卵对光肩星天牛幼虫的防治效果 [J]. 林业科学,2009,45(4):78-82.
Li M L, Li Y Z, Lei Q, et al. Biocontrol of asian longhorned beetle larva byreleasing eggs of *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera:Bothrideridae) [J]. Scientia Silvae Sinicae,2009,45(4):78-82.

[15] 李孟楼,王培新,马 峰,等. 花绒坚甲对光肩星天牛的寄生效果研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(6):152-162.
Li M L, Wang P X, Ma F, et al. Study on the parasitic efficiency of *Dastarcus helophoroides* on *Anoplophora glabripennis* [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2007,35(6):152-156.

[16] Wang H D, Li F F, He C, et al. Molecular cloning and sequence analysis of novel cytochrome P450 cDNA fragments from *Dastarcus helophoroides* [J]. J Insect Sci,2014,14:28.

[17] Tamura K, Peterson D, Peterson N, et al. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods [J]. Mol Biol Evol,2011,28:2731-2739.

[18] 宋 旺,王小纪,郭瑞坚,等. 花绒寄甲荧光定量 PCR 分析中内参基因的选择 [J]. 西北农业学报,2015,24(2):156-161.
Song W, Wang X J, Guo R J, et al. Selection of reference genes for quantitative real-time PCR normalization in *Dastarcus helophoroides* [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2015,24(2):156-161.

[19] Livak K J, Schmittgen T D. Analysis or relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method [J]. Methods,2001,25:402-408.

[20] Radyuk S N, Sohal R S, Orr W C. Thioredoxin peroxidases can faaaaaaoster cytoprotection or cell death in response to different stressors: over-and under expression of thioredoxin peroxidase in *Drosophila* cells [J]. Biochem J,2003,371:743-752.

[21] Bauer H, Kanzok S M, Schirmer R H. Thioredoxin-2 but not thioredoxin-1 is a substrate of thioredoxin peroxidase-1 from *Drosophila melanogaster* [J]. J Biol Chem,2002,277:17457-17463.

[22] Kim I, Lee K S, Hwang J S, et al. Molecular cloning and characterization of a peroxiredoxin gene from the mole cricket, *Gryllotalpa orientalis* [J]. Comp Biochem Physiol B,2005,140:579-587.

[23] Rhee S G, Kang S W, Chang T S, et al. Peroxiredoxin, a novel family of peroxidases [J]. IUBMB Life,2001,52:35-41.

[24] 王卫东,小仓信夫. 花绒穴甲室内发育研究 [J]. 北京林业大学学报,1999,21(4):43-47.
Wang W D, Nobuo O. *Dastarcus helophoroides* growth in the laboratory [J]. Journal of Beijing Forestry University,1999,21(4):43-47.