

假蒟提取物杀虫活性成分稳定性研究

吕美萍¹, 林江^{1*}, 符悦冠², 张方平², 韩冬银², 黄武仁²

(1. 海南大学应用科技学院儋州校区, 儋州 571737; 2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 农业部热带农林有害生物入侵监测与控制重点开放实验室, 海南省热带农业有害生物检测监控重点实验室, 儋州 571737)

摘要 采用常规浸提法对假蒟植株根茎部分进行提取,以提取物中杀虫成分对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的活性作为评价指标,综合评价了不同 pH、不同温度和光照环境对假蒟提取物杀虫活性成分稳定性的影响。结果表明,不同 pH 环境对假蒟提取物杀虫活性成分影响不大;在高温环境中,其活性有所下降;在不同光源处理中,影响较为严重的是太阳光,经照射处理 72 h 后,杀虫活性效果由 93.33% 变为 27.78%。在此基础上,评价了 11 种常用光稳定剂的光分解抑制效果,结果发现,所评价的光稳定剂均具有一定抑制效果,其中以光稳定剂 622 和抗氧化剂 TBHQ 抑制效果较为明显。在此基础上,进一步评价了不同浓度 622 和 TBHQ 抑制效应差异,结果显示抑制效果与浓度相关,浓度越高,抑制效果越明显。

关键词 假蒟; 提取物; 稳定性; 光分解抑制

中图分类号: S 482.39 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.02.009

Stability of the insecticidal active constituents of the extract from *Piper sarmentosum*

Lü Meiping¹, Lin Jiang¹, Fu Yueguan², Zhang Fangping², Han Dongyin², Huang Wuren²

(1. College of Applied Science and Technology, Hainan University Danzhou Campus, Danzhou 571737, China;
2. Institute of Environmental and Plant Protection, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences; Key Laboratory for Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasion Alien Pests, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Tropical Agricultural Pests Detection and Control, Hainan Province, Danzhou 571737, China)

Abstract Based on the effect of its components on *Prodenia litura* (Fabricius) 3rd instar larvae, the rhizomes of *Piper sarmentosum* Roxb. were extracted by using a conventional extraction approach, and the effects of different pH values, temperatures and light environments on the stability of the active components of its extractives were comprehensively evaluated. The results showed that the active components of *P. sarmentosum* were relatively stable at different pH values, and their activity had little change, but the activity declined with rising temperature; in the tests with different light sources, the activity was significantly influenced by sunlight; under the condition of sunlight for 72 h, its effect changed from 93.33% to 27.78%. Subsequently, we used 11 different light stabilizers to examine the inhibitory effect of photolysis, finding that different stabilizers all had some inhibitory effect, and that light stabilizer 622 and TBHQ were obviously effective. We also evaluated the effects of the light stabilizer 622 and TBHQ with different concentrations on the inhibition of *P. sarmentosum*, finding that the inhibitory effect was correlated with the concentration: the higher the concentration, the more obvious the inhibitory effect.

Key words *Piper sarmentosum*; extract; stability; photolysis inhibition

假蒟 (*Piper sarmentosum* Roxb.) 为胡椒科 (Piperaceae) 胡椒属 (*Piper*) 藤本植物, 国外主要分

布于印度、马来西亚等热带地区, 我国广泛分布于南方热带地区^[1]。覃伟权等研究表明假蒟挥发油对

收稿日期: 2015-01-05 修订日期: 2015-04-05

基金项目: 海南大学应用科技学院基金项目 (Hyk-1307)

* 通信作者 E-mail: linjiang19870417@163.com

小菜蛾具有良好的生物活性以来^[2],假蒟植株乙醇提取物不断被报道对多种蔬菜害虫、害螨以及香蕉炭疽病、芒果炭疽病、香蕉枯萎病等多种病害具有较好生物活性^[3-7]。随着假蒟农用活性的逐渐开发利用,已有研究表明,假蒟提取物中的活性成分在使用时稳定性较差,尤其在田间使用时活性丧失更为明显^[8]。自然界是一个极为复杂的生态环境,物质在环境中的分解受多种因素影响。但是有关假蒟提取物中杀虫活性成分的稳定性尚未见相关系统报道。本研究在前人进行活性研究的基础上,以斜纹夜蛾3龄幼虫为指示昆虫,采用活体生物测定方法分别研究了不同环境条件下假蒟提取物中杀虫活性成分的稳定性,利用假蒟提取物的杀虫活性成分与斜纹夜蛾幼虫生物活性之间的变化差异,以期阐明不同环境条件对假蒟提取物稳定性的影响,为假蒟植物的农用活性进一步开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

植物材料:假蒟(*Piper sarmentosum*),露天生长于中国热带农业科学院试验场人工橡胶林林间,采集时间为2010年9月,采集部位为根茎。

供试昆虫:斜纹夜蛾[*Prodenia litura* (Fabricius)]由中国热带农业科学院环境与植物保护研究所昆虫多样性与生物防治课题组连续饲养2代后种群。

光稳定剂:紫外线吸收剂UV-531、UV-9;抗氧化剂264、1076、168、1010、DLTP、BHA、TBHQ;光稳定剂622、944;均由南京华立明科工贸有限公司提供,所有含量均 $\geq 98\%$ 。其他试剂均为分析纯,市售。

1.2 方法

1.2.1 假蒟杀虫活性物质的提取

采集新鲜假蒟植株去掉叶片后用清水洗去杂质,于避光条件下阴干,用固体粉碎机粉碎后密封保存备用。将95%工业乙醇与假蒟粉按重量比10:1在广口玻璃罐内浸提15 d,用旋转蒸发器将乙醇浸提液减压旋转蒸发浓缩至膏状物,浓缩膏状物用适量去离子水稀释后用石油醚进行萃取(石油醚萃取层变为无色为止),收集石油醚萃取液用旋转蒸发器减压浓缩至膏状物后放入4℃冰箱中避光保存备用(因石油醚萃取组分为混合成分,以下试验中均称作

“假蒟石油醚萃取物”)。

1.2.2 假蒟石油醚萃取物对斜纹夜蛾的毒力测定

称取假蒟石油醚萃取物1 g,取2 mL丙酮进行溶解,滴加2~3滴T-80混匀后,根据预试验结果用蒸馏水分别配制10.00、8.00、5.00、3.00、2.00、1.00 mg/mL 6个浓度。试验采用浸虫法进行处理^[9],处理时将发育一致的斜纹夜蛾各龄期幼虫用各供试浓度浸虫5 s,处理后用纸巾轻吸去虫体表面多余药液,置于培养皿内($d=90$ mm),用未经处理的蓖麻叶正常饲养于人工气候箱中,饲养条件为L//D=14 h//10 h, $T=(26\pm 2)^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=75\%\pm 5\%$,以溶剂丙酮处理为对照,每个处理30头虫,设3次重复。24 h后检查死亡情况,以用毛笔轻碰虫体无任何反应视为死亡。

1.2.3 不同pH条件对假蒟石油醚萃取物杀虫活性的影响

称取假蒟石油醚萃取物7管(每管20 g),用NaOH或HCl分别将其pH调为2、4、6、8、10、12等6个梯度后置于4℃冰箱中避光放置处理。分别于放置0、1、2、3、5、7、10 d后各取样1 g,采用1.2.2中处理方式和对斜纹夜蛾3龄幼虫的 LC_{50} 值(5.00 mg/mL)为处理浓度进行处理,根据斜纹夜蛾3龄幼虫处理24 h死亡率的变化情况评价不同pH环境条件对假蒟石油醚萃取物杀虫活性的影响。以未做任何处理,正常避光存放于4℃冰箱中的假蒟石油醚萃取物处理斜纹夜蛾3龄幼虫为对照,根据死亡率变化情况评价不同pH环境处理不同时间后对杀虫活性物质稳定性的影响。

1.2.4 不同温度条件对假蒟石油醚萃取物杀虫活性的影响

称取假蒟石油醚萃取物8管(每管20 g),分别置于-20、-10、0、10、25、40、60℃等7个不同温度下避光放置处理。分别于放置处理0、1、2、3、5、7、10 d后各取样1 g,采用活体生测法对假蒟石油醚萃取物中杀虫活性成分在不同温度环境下的稳定性进行综合评价。具体评价方法同1.2.3,以未作任何处理,正常避光存放于4℃冰箱中的假蒟石油醚萃取物处理斜纹夜蛾3龄幼虫为对照。

1.2.5 不同光照环境条件对假蒟石油醚萃取物杀虫活性的影响

精确称取假蒟石油醚萃取物8份(每份20 g)于培养皿中,用保鲜膜封口后分别置于实验室自然光、

太阳光(试验时间为 8 月—9 月,地点为实验室阳台,每天照射处理时间为 8:00—18:00,其余时间均密封置于 4 ℃冰箱中避光存放)、日光灯(40 W)、白炽灯(100 W)、紫外灯(25 W)、黑暗无光照等 6 个不同光源环境下进行照射处理,分别于照射处理 0、1、2、3、5、7、12、24、48、72、96、144、168、192、216 h 后各取样 1 g,采用活体生测法对假菊石油醚萃取物中杀虫活性成分在不同光照环境中的稳定性进行综合评价。具体评价方法同 1.2.3,以未作任何照射处理,正常避光存放于 4 ℃冰箱中的假菊石油醚萃取物对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的处理为对照。

1.2.6 不同光分解抑制剂对假菊石油醚萃取物杀虫活性成分光分解抑制作用研究

1.2.6.1 光分解抑制剂溶液的配制

光分解抑制剂溶液配制,参照吴传万等^[10]的光稳定剂标准溶液配制方法进行。配制时称取光分解抑制剂 0.5 g,量取 5 mL 甲苯将其溶解为 100.00 mg/mL 浓度,溶液置于棕色瓶中于 4 ℃条件下避光保存备用。

1.2.6.2 不同光分解抑制剂对假菊石油醚萃取物杀虫活性成分光分解抑制评价

精确称取假菊石油醚萃取物 14 份(每份 10 g)于培养皿中,分别加入 10 mL 丙酮和 1 mL 光分解抑制剂溶液,充分混匀后用保鲜膜封口进行太阳光照射处理(处理方式及环境同 1.2.5)。分别于照射处理 12、24、48、72、96、144、192、216 h 后取样 1 g,采用活体生测法综合评价各种光分解抑制剂对假菊石油醚萃取物中杀虫活性成分的光分解抑制效果,具体评价方法同 1.2.3。以正常避光存放于 4 ℃冰箱和未添加光分解抑制剂直接进行太阳光照射处理的假菊石油醚萃取物对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的处理为对照。

1.2.6.3 不同浓度 TBHQ 和光稳定剂 622 对假菊石油醚萃取物杀虫活性成分光分解抑制评价

精确称取假菊石油醚萃取物 8 份(每份 10 g)于培养皿中,分别加入配制的 TBHQ 和光稳定剂 622 溶液各 0.5、1.0、2.0 mL,充分摇匀后用保鲜膜封口进行太阳光照射处理(处理方式及环境同 1.2.5)。分别于照射处理 12、24、48、72、96、144、192、216 h 后取样 1 g,采用活体生测法评价不同浓度 TBHQ 和光稳定剂 622 对假菊石油醚萃取物中杀虫活性成分的光分解抑制效果。具体评价方法同 1.2.3,以未作任何相应处理,正常避光存放于 4 ℃冰箱中

和未添加光分解抑制剂直接进行太阳光照射处理的假菊石油醚萃取物对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的处理为对照。

1.3 数据统计分析

用 EXCEL 统计软件分析计算死亡率,采用 SPSS13.0 软件进行显著性检验、计算毒力回归方程、 LC_{50} 值、 LC_{90} 值、拟合假菊石油醚萃取物受光照处理后杀虫活性变化方程、对应曲线并进行拟合卡方检验。

2 结果与分析

2.1 假菊石油醚萃取物对不同龄期斜纹夜蛾的活性

采用浸虫法测定了假菊石油醚萃取物对斜纹夜蛾各龄期幼虫 24 h 的毒力回归方程,如表 1 所示。结果表明,假菊石油醚萃取物对斜纹夜蛾各龄期幼虫均具有良好活性,对 2、3、4、5、6 龄幼虫 LC_{50} 值分别为 1.398、2.175、3.279、10.434、12.816 mg/mL; LC_{90} 值分别为 3.779、4.937、6.421、23.963、41.824 mg/mL。通过对不同龄期所测定的 LC_{50} 、 LC_{90} 值 95% 置信区间进行比较分析,可以看出,斜纹夜蛾幼虫虫龄大小明显影响假菊石油醚萃取物活性效果,随龄期的增加,假菊石油醚萃取物活性下降。

2.2 不同 pH 和不同温度对假菊石油醚萃取物稳定性的影响

经不同 pH 和温度环境对假菊石油醚萃取物进行处理不同时间后,其活性变化情况如图 1、图 2 所示,假菊石油醚萃取物杀虫活性成分在不同 pH 环境下的活性相对稳定,经不同 pH 环境处理 10 d 后假菊石油醚萃取物对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的致死率与对照相比,无明显差异。在不同温度环境中,假菊石油醚萃取物杀虫活性成分在低温处理和常温环境下相对稳定,但随着温度的升高和处理时间的延长,在 60 ℃高温条件下处理 10 d 后,对斜纹夜蛾的生物活性由 90% 下降到 70%。

2.3 光照对假菊石油醚萃取物稳定性的影响

不同光照环境对假菊石油醚萃取物连续处理不同时间后,结果如图 3 所示,经太阳光、紫外灯和日光灯处理 12 h 后,萃取物对斜纹夜蛾的活性开始降低,120 h 后对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的触杀活性极显著低于室内自然光、节能灯和黑暗。与 12 h 时相对比,太阳光、紫外灯和日光灯处理中试虫死亡率分别由

80.00%、85.56%和 88.89%降低为 1.11%、11.11%和21.11%，而黑暗处理、节能灯、室内自然光和对照处理中试虫的死亡率则分别由 91.11%、90.00%、88.89%、92.22%变为 90.00%、90.00%、81.11%、91.11%。在致死率与光照时间的动态关系中，假蒟石油醚萃取物对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的触杀活性随光照处理时间的增加呈指数型下降。且太阳光照射处理影响明显大于紫外灯和日光灯。在 3 种不同光源

照射处理中，太阳光处理 12 h 后致死率明显下降，72 h 基本失活，而经紫外灯和日光灯处理后，影响相对略低，活性在处理 48 h 后才开始逐步下降。由此表明在不同光源的处理中，太阳光、紫外灯和日光灯对假蒟提取物的杀虫活性影响极大，而在黑暗、室内自然光和节能灯光下其活性变化不大，相对稳定。这一结果表明，光照是限制假蒟提取物杀虫活性成分稳定的一个重要因素。

表 1 假蒟石油醚萃取物对斜纹夜蛾不同龄期幼虫的毒力测定结果

Table 1 Toxicity tests of <i>Piper sarmentosum</i> petroleum ether extract to different instar larvae of <i>Prodenia litura</i>					
幼虫龄期 Instar	LC ₅₀ (95%置信限)/ mg · mL ⁻¹	LC ₉₀ (95%置信限)/ mg · mL ⁻¹	回归方程 LD-P equation	相关系数(<i>r</i> ²) Correlation coefficient	卡方值 χ^2
2 龄	1.398(1.136~1.678)	3.779(3.021~5.171)	$y=2.967x-0.432$	0.990	1.304
3 龄	2.175(1.805~2.504)	4.937(4.076~6.504)	$y=3.599x-1.215$	0.916	3.549
4 龄	3.279(2.847~0.755)	6.421(5.414~8.187)	$y=4.391x-2.265$	0.968	4.967
5 龄	10.434(8.895~12.419)	23.963(18.800~35.299)	$y=3.549x-3.614$	0.960	5.921
6 龄	12.816(10.439~16.084)	41.824(30.056~70.381)	$y=2.495x-2.764$	0.926	6.147

□ pH=2 ▤ pH=4 ■ pH=6 ▨ pH=8 ▩ pH=10 ▪ pH=12 ▫ 正常 Normal pH

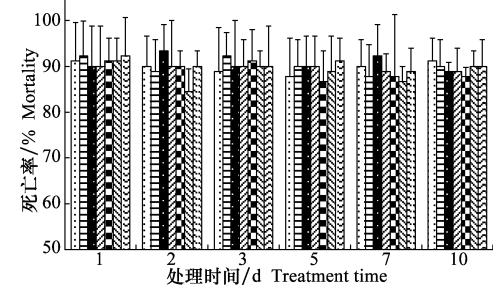


图 1 不同 pH 环境下假蒟石油醚萃取物杀虫活性随时间变化情况

Fig. 1 Changes in the insecticidal activity of *Piper sarmentosum* petroleum ether extract over time under different pH values

□ -20 ℃ ■ -10 ℃ ▤ 0 ℃ ▨ 10 ℃ ▩ 25 ℃ ▪ 40 ℃ ▫ 60 ℃ ▬ 对照 CK

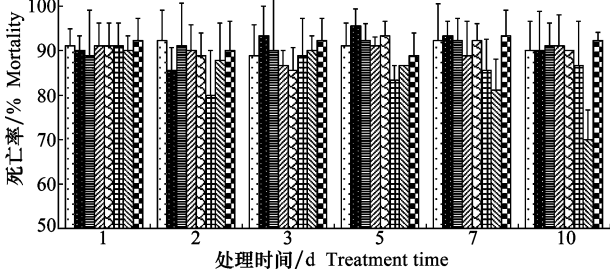


图 2 不同温度环境下假蒟石油醚萃取物杀虫活性随时间变化情况

Fig. 2 Changes in the insecticidal activity of *Piper sarmentosum* petroleum ether extract over time under different temperatures

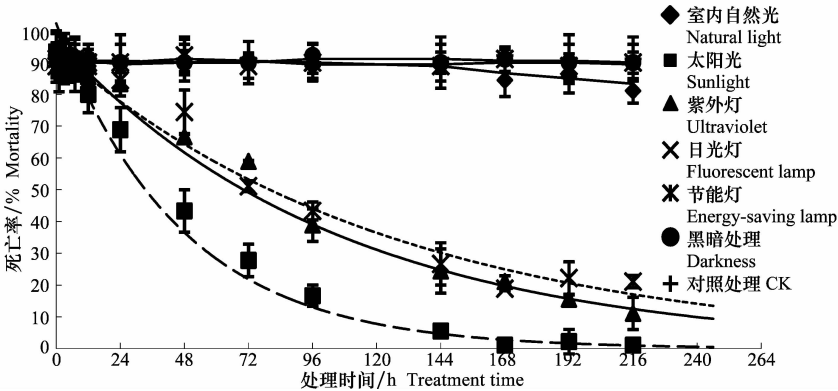


图 3 不同光照环境下假蒟粗提取物杀虫活性随时间变化情况

Fig. 3 Changes in the insecticidal activity of *Piper sarmentosum* petroleum ether extract over time under different illuminations

表 2 不同光照条件下假蒟粗提物活性衰减动力学参数

Table 2 Kinetic parameters of activity attenuation of *Piper sarmentosum* petroleum ether extract under different illuminations

照射光源 Illumination source	衰减方程 Attenuation equation	相关系数 <i>r</i>	半衰期 <i>h</i> Half-life	卡方值 χ^2	几率值 <i>P</i>	<i>F</i> 值
太阳光 Sunlight	$C=102.309e^{-0.021\ 4t}$	0.971	32.38	8.599	0.800	431.977
紫外灯 Ultraviolet	$C=97.377e^{-0.009\ 5t}$	0.990	72.95	5.820	0.971	1 331.648
日光灯 Fluorescent lamp	$C=93.965e^{-0.007\ 9t}$	0.967	87.72	5.389	0.979	382.601

根据农药光致活性降低反应可按一级动力学反应来描述的原理,对假蒟杀虫活性成分的光降解反应描述方程式为:

$$C_t = C_0 e^{-k t}$$
$$\text{活性半衰期} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}$$

公式中:k 为活性下降速率常数;*C_t* 为 *t* 时刻的斜纹夜蛾的平均死亡虫数;*C₀* 为斜纹夜蛾的理论初始平均死亡虫数。

根据化合物受光照后的活性衰减动态,用一级动力学模型进行拟合,结果如表 2 所示,拟合方程经卡方(χ^2)检验发现,假蒟石油醚萃取物在太阳光、紫外灯和日光灯照射处理后活性的衰减过程符合一级动力学模型,三者的几率值分别为 0.800、0.971、0.979,根据方程计算,假蒟石油醚萃取物杀虫活性成分经太阳光照射处理后的半衰期为 32.38 h,明显

短于紫外灯的 72.95 h 和日光灯的 87.72 h,而衰减常数,太阳光处理的 0.021 4 明显大于紫外灯的 0.009 5和日光灯的 0.007 9。

2.4 光稳定剂对假蒟杀虫活性物质光分解的抑制作用

不同光稳定剂对假蒟杀虫活性成分光分解的抑制作用如表 3 所示。结果表明 11 种光稳定剂对假蒟杀虫活性成分的光分解均具有一定抑制作用,尤其以光稳定剂 622 和抗氧化剂 TBHQ 的抑制作用为最强,相比较在所选的光稳定剂中,紫外线吸收剂的抑制效果相对较弱,明显低于抗氧化类光稳定剂。在所处理的假蒟石油醚萃取物中加入光稳定剂 622 和抗氧化剂 TBHQ 后,在太阳光下照射 216 h 后其活性仍能保持在 50%以上,而未加光稳定剂的空白对照在处理 144 h 已经基本丧失活性(致死率低于 5%)。

表 3 太阳光照射下不同种类光分解抑制剂对假蒟杀虫活性成分光分解的抑制作用¹⁾

Table 3 Inhibition effects of different photolysis inhibitors on the photolysis of active ingredients in the *Piper sarmentosum* petroleum ether extract under sunlight

处理 Treatment		死亡率/% Mortality				
		12 h	48 h	96 h	168 h	216 h
抗氧化剂 Antioxidant	TBHQ	(91.11±2.94)ab	(84.44±2.94)abc	(76.67±3.33)b	(64.44±6.76)a	(54.44±1.92)a
	BHA	(93.33±3.33)a	(88.89±2.94)ab	(78.89±2.94)ab	(51.11±2.94)b	(36.67±5.77)b
	DLTP	(88.89±1.11)ab	(83.33±5.77)abc	(51.11±4.01)de	(44.44±4.01)bc	(24.44±8.39)cd
	168	(90.00±3.33)ab	(73.33±5.09)cd	(56.67±1.92)cd	(37.78±2.94)c	(27.78±1.92)c
	264	(88.89±2.22)ab	(85.56±1.11)abc	(62.22±2.22)c	(40.00±5.09)bc	(17.78±3.85)de
	1010	(84.44±4.01)ab	(51.11±6.76)f	(38.89±7.29)fg	(33.33±3.85)cd	(17.78±5.09)de
	1076	(88.89±4.01)ab	(77.78±6.76)bcd	(46.67±1.92)def	(18.89±4.01)e	(10.00±5.77)ef
紫外线吸收剂 Ultraviolet filter	UV-9	(88.89±2.94)ab	(55.56±2.94)ef	(30.00±3.33)gh	(24.44±4.44)de	(16.67±6.67)de
	UV-531	(86.67±5.09)ab	(65.56±1.11)de	(25.56±5.56)hi	(14.44±1.11)e	(4.44±3.85)fg
光稳定剂 Light stabilizer	622	(91.11±1.11)ab	(90.00±1.92)a	(87.78±1.11)a	(74.44±2.22)a	(58.89±5.09)a
	944	(86.67±5.09)ab	(75.56±4.84)bcd	(44.44±2.94)ef	(23.33±5.09)de	(15.56±5.09)de
无光照处理 Dark treatment		(92.22±1.11)a	(91.11±2.22)a	(90.00±4.01)a	(92.22±1.11)a	(91.11±2.22)a
清水对照 Water treatment		0.00 c	0.00 g	0.00 j	0.00 f	0.00 g
空白对照 CK		(81.11±2.94)b	(44.44±2.94)f	(17.78±1.11)i	(1.11±1.11)f	0.00 g

1) 数据后不同字母表示差异显著,采用 Duncan 氏新复极差法, $P<0.05$, 下同。
Different letters indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($P<0.05$). The same below.

2.5 不同浓度光稳定剂对假蒟杀虫活性光分解的抑制作用

不同浓度光稳定剂 622 和 TBHQ 对假蒟石油醚萃取物进行处理后,测定结果如表 4 所示。不同浓度

光稳定剂 622 和 TBHQ 对假蒟提取杀虫活性成分的光分解均具有强烈抑制作用($P<0.05$),其抑制效果与浓度具有一定相关性,处理浓度越大,对假蒟杀虫活性成分的光分解抑制作用效果越强。

表 4 不同浓度光稳定剂 622 和 TBHQ 对假蒟石油醚萃取物在太阳光下光分解的抑制作用

Table 4 Inhibition effects of different doses of antioxidant TBHQ and light stabilizer 622 on the photolysis of *Piper sarmentosum* petroleum ether extract under sunlight

处理 Treatment	死亡率/% Mortality				
	12 h	48 h	96 h	168 h	216 h
0.5 mL 光稳定剂 622 0.5 mL light stabilizer 622	(90.00±1.92)b	(76.67±1.92)b	(54.44±4.44)d	(44.44±1.11)c	(38.89±5.56)c
0.5 mL 抗氧化剂 TBHQ 0.5 mL antioxidant TBHQ	(87.78±1.11)b	(65.56±1.11)c	(25.56±5.56)e	(14.44±1.11)d	(12.22±1.11)d
1 mL 光稳定剂 622 1 mL light stabilizer 622	(91.11±1.11)b	(90.00±1.92)a	(87.78±1.11)ab	(74.44±2.22)ab	(58.89±2.94)b
1 mL 抗氧化剂 TBHQ 1 mL antioxidant TBHQ	(91.11±2.94)b	(84.44±2.94)a	(76.67±3.33)c	(64.44±6.76)b	(54.44±1.11)b
2 mL 光稳定剂 622 2 mL light stabilizer 622	(88.89±4.01)b	(90.00±1.92)a	(91.11±2.94)a	(84.44±4.84)a	(77.78±2.94)a
2 mL 抗氧化剂 TBHQ 2 mL antioxidant TBHQ	(90.00±1.92)b	(90.00±3.33)a	(80.00±1.92)bc	(72.22±1.11)b	(62.22±2.22)b
无光照处理 Dark treatment	(92.22±1.11)a	(91.11±2.22)a	(90.00±4.01)a	(92.22±1.11)a	(91.11±2.22)a
清水对照 Water treatment	0.00 c	0.00 e	0.00 f	0.00 e	0.00 e
空白对照 CK	(81.11±2.94)b	(44.44±2.94)d	(17.78±1.11)e	(1.11±1.11)e	0.00 e

3 结论与讨论

对假蒟石油醚萃取物进行活性测定结果表明,假蒟根茎石油醚组分具有良好的杀虫活性,尤其对斜纹夜蛾幼虫活性极为显著,该结果与刘红芳等^[11]及刘刚^[12]的研究基本一致。在植物源农药稳定性研究中,大量试验表明鱼藤酮、苦参碱、印楝素等多种天然产物成分都有见光易分解情况,且在太阳光和紫外光照射下半衰期均极短^[13-15]。对于假蒟提取物中的杀虫活性成分在实际生产应用中对光照敏感的相关报道较多,尤其在低浓度下使用时,受光分解导致活性较低现象最为显著,刘红芳对 0.50%和 0.25%两个浓度假蒟提取物用太阳光照射处理 2 d 后,其对斜纹夜蛾的触杀活性分别下降为原来的 50%和 20%^[16]。本研究结果表明:假蒟石油醚萃取物的杀虫活性物质在不同 pH 的酸碱环境中具有良好的稳定性;高温会影响其活性,在 60℃高温环境中连续放置 10 d 后,对斜纹夜蛾的致死率由 90%下降到 70%,其活性降低了 22%。这与徐文静等研究

的大蒜提取液对高温、碱性、过酸等条件影响触杀效果的研究结果基本一致^[17]。假蒟乙醇初提物经石油醚萃取之后的杀虫活性物质对太阳光、紫外光和日光灯极为敏感。相关天然产物光稳定性研究报道,许多植物成分经太阳光、紫外光和日光灯照射处理后都容易分解,除虫菊素经日光灯照射处理后,半衰期降为 4.9 d,而阿维菌素仅为 3 h 左右^[18-19]。根据化合物受光照后的活性衰减动态,用一级动力学模型进行拟合表明,假蒟提取物中杀虫活性物质在太阳光、紫外光和日光灯照射下的衰减过程符合一级动力学模型。在 3 种光照下的光半衰期分别为 32.38、72.95 h 和 87.72 h。

增强活性物质在光照环境中的稳定性,延长其半衰期是目前对天然产物研究的关注点,大量研究表明,通过在制剂中加入紫外光屏蔽物质和抗氧化剂可一定程度上改善光敏物质的光不稳定性^[20-21]。本研究利用生物测定法,在探明不同光照环境对假蒟杀虫活性影响的基础之上,对生产上常用的光稳定剂进行光分解抑制效果评价,结果表明光稳定剂

622 和氧化抑制剂 TBHQ 对假蒟杀虫活性物质的光分解具有良好抑制效果,经光稳定剂处理之后,在太阳光下照射 216 h 后的分解抑制率达 50% 以上,且抑制效果的强弱,与光稳定使用浓度呈正相关性。这一研究结果对假蒟用于生产中控制有害生物发生具有重要意义。但是由于本试验所使用的假蒟杀虫活性物质为石油醚萃取的混合物质,且只采用了活体生物测定法进行评价,具体光照是对假蒟杀虫活性物质的哪个成分产生影响,发生何种反应,还需通过进一步对有效成分含量变化及降解物的分析等研究来获得更多信息。从开发利用的角度来看,假蒟提取物的杀虫活性物质抗光解剂的筛选和相关机理值得深入研究。

参考文献

- [1] 广东省植物研究所. 海南植物志[M]. 第 1 卷. 北京: 科学出版社, 1974: 332.
- [2] 覃伟权, 张茂新, 凌冰, 等. 3 种热带杂草挥发油干扰小菜蛾行为的研究[J]. 华南农业大学学报, 2004, 25 (4): 39 - 42.
- [3] Qin Wei-quan, Huang Shanchun, Li Chao-xu. Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb. (Piperaceae) and its chemical constituents on *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Hispididae)[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2010, 108(2): 663 - 668.
- [4] Chiang T C, Assim Z B, Fasihuddin B A. Toxicity and antitermite activities of the essential oils from *Piper sarmentosum* [J]. Malaysian Journal of Analytical Sciences, 2008, 12(1): 234 - 239.
- [5] 毕仁军, 韩冬银, 李敏, 等. 2% 假蒟微乳剂对几种病、虫的毒力测定[J]. 热带农业工程, 2009, 33(2): 7 - 10.
- [6] 张方平, 王帮, 毕仁军, 等. 假蒟提取物对皮氏叶螨的生物活性测定[J]. 热带作物学报, 2009, 30(6): 851 - 855.
- [7] 孙晓东, 吕朝军, 钟宝珠, 等. 几种植物挥发油对螺旋粉虱的生物活性[J]. 热带作物学报, 2010(8): 1385 - 1387.
- [8] 韩冬银. 假蒟杀虫活性成分的分离鉴定及活性研究[D]. 儋州: 华南热带农业大学, 2006.
- [9] 谢圣华, 梁延坡, 林珠凤, 等. 9 种药剂对斜纹夜蛾的室内毒力与田间应用效果[J]. 植物保护, 2010, 36(4): 175 - 177.
- [10] 吴传万, 杜小凤, 王伟中, 等. 苦参碱和苦豆子总碱光分解及光分解抑制的研究[J]. 农药学报, 2005, 7(4): 343 - 348.
- [11] 刘红芳, 符悦冠. 假蒟提取物对斜纹夜蛾的触杀活性及其有效成分的初步分离[J]. 河南农业科学, 2014(8): 77 - 81.
- [12] 刘刚. 假蒟根石油醚提取物对斜纹夜蛾的触杀活性最高[J]. 农药市场信息, 2014(26): 44.
- [13] 张帅, 曾鑫年, 熊忠华. 表鱼藤酮光稳定性的研究[J]. 农药, 2007, 46(4): 241 - 242.
- [14] 王秋芬, 宋湛谦, 阎新华. 生物农药印楝素的光稳定性研究[J]. 江苏农业科学, 2004(4): 52 - 54.
- [15] Sapna J, Prem D. Effect of surfactants on persistence of azadirachtin-A (neem based pesticide) [J]. Journal of Environmental Science and Health (Part B), 2002, 37(1): 75 - 80.
- [16] 刘红芳, 邱仕忠, 彭江. 假蒟根石油醚提取物稳定性实验[J]. 南方农业, 2014, 8(6): 38 - 40.
- [17] 徐文静, 杜茜, 赵洪银, 等. 大蒜提取液抑菌活性及其稳定性分析[J]. 中国生物防治, 2008, 24(S1): 76 - 80.
- [18] 田梦, 陈凯歌, 曾鑫年, 等. 光照对除虫菊素触杀毒力的影响[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33(2): 180 - 184.
- [19] 吴传万, 杜小凤, 王伟中, 等. 阿维菌素光分解及其光稳定剂的筛选[J]. 农药, 2006, 45(12): 828 - 830.
- [20] 雷玲, 胡林, 徐汉虹, 等. 两类光保护剂对鱼藤酮的光保护效果[J]. 湖北农业科学, 2004 (2): 53 - 55.
- [21] Sundaram K M S, Curry J. Effect of some UV light absorbers on the photostabilization of azadirachtin, a neem-based biopesticide [J]. Chemosphere, 1996, 32(4): 649 - 659.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 46 页)

- [33] Galvao L S, Formaggio A R, Tisot D A. Discrimination of sugarcane varieties in southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data [J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 94(1): 523 - 534.
- [34] Thenkabail P S, Smith R B, De Pauw E. Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics [J]. Remote Sensing of Environment, 2000, 71(1): 158 - 182.
- [35] Filella I, Serrano L, Serra J, et al. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis [J]. Crop Science, 1995, 35(1): 1400 - 1405.
- [36] Penuelas J, Pinol J, Ogaya R, et al. Estimation of plant water concentration by the reflectance water index WI (R900/R970) [J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(1): 2869 - 2875.
- [37] Gamon J A, Penuelas J, Field C B. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency [J]. Remote Sensing of Environment, 1992, 41(1): 35 - 44.
- [38] Bushnell W R. Structural and physiological alterations in susceptible host tissue [M]//Roelfs A P, Bushnell W R. The cereal rusts vol. 1: Origins, specificity, structure, and physiology. Orlando: Academic Press, 1984: 477 - 507.
- [39] 张竞成. 多源遥感数据小麦病害信息提取方法研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.

(责任编辑: 田 喆)