

植物粗提物对褐飞虱若虫的生物活性测定

钟平生^{1,2} 梁广文^{1*} 曾玲¹

(1. 华南农业大学 昆虫生态研究室 广东 广州 510642; 2. 惠州学院 生命科学系 广东 惠州 516007)

摘要: 分别用 31 科 47 种非嗜食植物乙醇提取物处理的稻株饲养褐飞虱若虫, 应用干扰作用控制指数 (IIPC), 评价对褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*) 若虫存活的干扰作用。结果表明, 处理后 24 h, 10 种供试植物提取物对褐飞虱若虫均有明显的毒杀效果。其中印楝素的毒杀作用最强, 对 1~2 龄、3~5 龄若虫的 IIPC 分别为 0.250、0.219, 即具有 75%、78.10% 的毒杀作用; 其次为苦楝、蓖麻和芒萁 3 种乙醇提取物, 对 1~2 龄若虫毒杀作用达 60% 以上; 此外, 薇甘菊、飞机草、马樱丹等 6 种乙醇提取物的作用较强, IIPC 值在 0.400~0.500, 而其它 37 种植物提取物的作用较弱。

关键词: 褐飞虱; 非嗜食植物次生物质; 生物活性

中图分类号: S482.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)03-0465-04

Biological Activity of Alcohol Extracts of Plants on Nymphs of Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens*

ZHONG Ping-sheng^{1,2}, LIANG Guang-wen^{1*}, ZENG Ling¹

(1. Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642, China;

2. Department of Life Science, Huizhou University, Huizhou 516007, China)

Abstract: The rice plants, treated respectively with ethanol extracts of 47 kinds of non-host plants, were used to feed nymphs of Brown Planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens*, and the interferent effect of the extracts against nymphs was evaluated in laboratory with the interference index of population control (IIPC). The result indicated that 10 kinds of ethanol extracts had a significant effect against BPH nymph after 24 hours. The killing effect of azadirachtin was the highest on the nymph of BPH, whose IIPC values were 0.250, 0.219 on the nymphs of 1st~2nd instars, 3rd~5th instars, i. e. the toxic effects on the nymphs were 75.00%, 78.10%, respectively. The killing effects of 3 extracts of *Melia azedarach*, *Ricinus communis*, *Dicranopreris pedata*, were all more than 60.00%. Besides, 6 kinds of ethanol extracts, such as *Mikania micrantha*, *Chromolaena odorata*, *Lantana camara*, et al, had a preferable toxic effect on nymph, their values of IIPC were in 0.400~0.500, yet the others had less effect on nymph of BPH.

Key words: brown planthopper (BPH); the non-preferable plant secondary substances; bioactivity

20 世纪 80 年代, 防治褐飞虱的药剂以噻嗪酮、有机磷及其复配剂为主, 在防治褐飞虱中发挥了重要的作用; 20 世纪 90 年代中期, 开发的新型超高效氯化烟碱类杀虫剂——吡虫啉, 对褐飞虱速效、持效长、用量少, 迅速成为防治稻飞虱的当家农药品种^[1-2]。但由于大规模长期连续使用, 褐飞虱对吡虫啉

收稿日期: 2010-05-26 修回日期: 2011-03-18

基金项目: 国家支撑科技计划课题 (2008BADA5B01、2008BADA5B04) 资助

作者简介: 钟平生 (1964—) 男, 副教授, 博士, 主要从事农业害虫、媒介生物综合治理研究, E-mail: pingshengzhong@163.com; * 通讯作者: 梁广文, 教授, 博士生导师, E-mail: GWLiang@scau.edu.cn。

产生明显的抗药性,使吡虫啉的防治效果急剧下降^[3-6]。在与昆虫长期协同进化过程中,植物体产生的次生代谢产物,对大多数害虫起着化学防御的作用^[7-8];植物次生代谢物质对昆虫的作用机理包括忌避、拒食和毒杀作用。笔者曾研究了植物次生代谢产物对褐飞虱的忌避、拒食作用^[9-11]。为进一步开发利用植物次生代谢物质,研制水稻保护剂提供理论基础,本文选择 47 余种常见植物进行抽提,研究对褐飞虱若虫的干扰效果。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与寄主植物

褐飞虱于 2001 年 9—11 月采自广东省农业现代化示范区(江门市新会沙堆)(虫源稻田内未施任何化学农药),于华南农业大学昆虫生态研究室温室内饲养 4 至 5 代。

水稻品种为双桂,属感虫品种,育苗后种植在直径为 15 cm、高 15 cm 的塑料盆中,每盆 1 丛,待至分蘖期用于试验。

1.2 抽提植物材料与活性成分的提取

供试植物共 47 种,隶属于 31 科,于 2000 年 5 月—2001 年 12 月分别采自广州华南农业大学校园、深圳市、新会沙堆镇、惠州杨村华侨柑桔场、海南省儋州市和文昌市等。

将供试植物带回室内,洗净并晾干后放入恒温箱中(50~60℃)烘 6~8 h,然后粉碎,过 40 目筛,称重后装入广品瓶中,密封、低温、避光保存备用。用体积分数为 95% 乙醇为溶剂,与植物干粉按(3~4):1 浸泡 24 h,分液过滤到广口瓶中,重复 3 次;将 3 次混合浸提液减压蒸发溶剂(水浴锅恒温 70℃),直至提取物浓缩至膏状,称重后密封、低温、避光保存备用。配制时用少量乙醇溶解,加入少量吐温-80 乳化剂,用清水配置成 1 g/mL 溶剂的母液。将母液保存于 4~5℃ 的冰箱中备用。

1.3 非嗜食植物提取物对若虫的毒杀影响

用喉头喷雾器均匀地喷雾待测的非嗜食植物乙醇提取物于稻株上,直至全株湿润欲滴为止,供试质量浓度均为 0.01 g/mL。对照稻株用含有相同浓度的乙醇和吐温-80 乳化剂的清水处理,试验设置 5 次重复。在室内凉干后,将已喷过植物次生化合物的稻株和对照稻株分别置于 40 目养虫笼罩中,各接入 1~2 龄、3~5 龄若虫 20 头,24 h 后检查若虫存活情况。

1.4 效果评价指标

不考虑其它因子的作用,采用庞雄飞等^[12]提出的干扰作用控制指数 IIPC(the interference index of population control)作为评价指标。计算公式:

$$IIPC = \frac{S_{Tr}}{S_{ck}} \quad (1)$$

(1) 式中 S_{Tr} 为处理的存活率, S_{ck} 为对照的存活率。

2 结果与分析

2.1 对褐飞虱 1~2 龄若虫的毒杀作用

47 种植物乙醇提取物(0.01 g/mL)对褐飞虱 1~2 龄若虫的存活率及其干扰作用控制指数见表 1。47 种非嗜食植物乙醇提取物对褐飞虱 1~2 龄若虫毒杀作用差异较大。毒杀作用最强的为现代苦楝油, IIPC 为 0.250 即具有 75.00% 的毒杀作用;其次为苦楝、蓖麻和芒萁等 3 种乙醇提取物, IIPC 为 0.400 以下,也即对褐飞虱 1~2 龄若虫的毒杀效果达 60% 以上;薇甘菊、马樱丹、白花丹、地肤和巴西菊等 5 种乙醇提取物的毒杀效果较强, IIPC 在 0.400~0.500,其它植物乙醇提取物对褐飞虱 1~2 龄若虫的毒杀作用较弱, IIPC 在 0.500 以上。

2.2 对褐飞虱 3~5 龄若虫的毒杀影响

供试的非嗜食植物乙醇提取物(0.01 g/mL)对褐飞虱 3~5 龄若虫的存活率及其干扰作用控制指数见表 1。在 47 种植物乙醇提取物中,现代苦楝油、薇甘菊、飞机草等 3 种植物乙醇提取物对褐飞虱 3~5 龄若虫的毒杀作用较强, IIPC 值在 0.500 以下,其它植物乙醇提取物的毒杀作用较弱。

表 1 植物提取物对褐飞虱若虫的毒杀作用

Tab. 1 Toxic effects of plant extracts on the nymphs of BPH

植物乙醇提取物 Plant ethanol extracts	科名 Family	存活率 Survival rate		IPC	
		1~2 龄若虫	3~5 龄若虫	1 st -2 nd	3 rd -5 th
		1 st -2 nd Instar	3 rd -5 th Instar	Instar	Instar
木薯叶 <i>Manihot esculenta</i> Crantz	大戟科	0.65 ± 0.05 e~j	0.69 ± 0.09 e~k	0.684	0.734
花椒 <i>Zanthoxylum schinifolium</i> Sieb. et Zucc.	芸香科	0.71 ± 0.06 b~g	0.79 ± 0.07 b~h	0.747	0.840
茛苳桃 <i>Nerium indicum</i> Mill	茛苳桃科	0.49 ± 0.20 m~r	0.69 ± 0.07 e~k	0.516	0.734
含羞草 <i>Mimosa pudica</i> L.	含羞草科	0.55 ± 0.06 j~p	0.69 ± 0.09 e~k	0.579	0.734
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	苋科	0.80 ± 0.05 b~d	0.87 ± 0.06 abc	0.842	0.926
鱼尾葵 <i>Caryota ochlandra</i> Hance	棕榈科	0.62 ± 0.10 f~l	0.84 ± 0.08 a~d	0.653	0.896
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Petr. et Widd	菊科	0.50 ± 0.06 l~r	0.69 ± 0.11 e~k	0.526	0.734
车前草 <i>Plantago asiatica</i> L.	车前科	0.55 ± 0.11 j~p	0.82 ± 0.09 a~e	0.579	0.926
飞机草 <i>Chromolaena odorata</i>	菊科	0.63 ± 0.03 f~k	0.46 ± 0.12 no	0.663	0.489
芒萁 <i>Dicranopreris pedata</i> (Houtt.) Nakaïke	里白科	0.36 ± 0.15 stu	0.60 ± 0.20 j~m	0.379	0.638
桔叶 <i>Citrus reticulata</i> Blanco	芸香科	0.72 ± 0.19 b~f	0.66 ± 0.12 g~l	0.758	0.702
蟛蜞菊 <i>Wedelia chinensis</i> (Osb.) Merr.	菊科	0.49 ± 0.07 m~r	0.50 ± 0.12 mno	0.516	0.532
薇甘菊 <i>Mikania micrantha</i> H. B	菊科	0.40 ± 0.04 r~u	0.38 ± 0.06 o	0.421	0.404
马樱丹 <i>Lantana camara</i> L.	马鞭草科	0.43 ± 0.06 p~t	0.54 ± 0.13 l~n	0.453	0.575
百千层 <i>Melaleuca leucadendra</i> L.	桃金娘科	0.66 ± 0.07 e~j	0.55 ± 0.12 k~n	0.702	0.567
尾叶桉 <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blakely	桃金娘科	0.56 ± 0.10 j~o	0.54 ± 0.11 l~n	0.596	0.557
百花丹 <i>Plumbago zeylanica</i> L.	百花丹科	0.42 ± 0.03 q~u	0.68 ± 0.12 e~l	0.447	0.701
牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	禾本科	0.69 ± 0.04 c~h	0.75 ± 0.10 b~h	0.734	0.773
苦楝 <i>Melia azedarach</i> L.	楝科	0.31 ± 0.07 uv	0.64 ± 0.12 i~l	0.330	0.660
蓖麻叶 <i>Ricinus communis</i> L.	大戟科	0.34 ± 0.06 tu	0.66 ± 0.09 g~l	0.361	0.680
莎草 <i>Cyperus</i> spp.	莎草科	0.69 ± 0.16 ~h	0.75 ± 0.11 b~h	0.734	0.773
鸡矢藤 <i>Paederia scandena</i> (Lour.) Merr.	茜草科	0.65 ± 0.05 e~j	0.67 ± 0.13 f~l	0.692	0.691
甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch.	豆科	0.51 ± 0.04 k~r	0.71 ± 0.06 d~j	0.542	0.732
地肤 <i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad	藜科	0.41 ± 0.10 r~u	0.80 ± 0.15 b~g	0.436	0.825
融瓣草 <i>Galeopsis bifida</i> Boenn.	唇形科	0.54 ± 0.11 j~q	0.71 ± 0.07 d~j	0.575	0.732
水葫芦 <i>Eichhornia crassipes</i> (C. Mart.) Solms - Laub	雨久花科	0.69 ± 0.11 c~h	0.81 ± 0.08 a~f	0.734	0.835
白花非洲山毛豆 <i>Tephrosia vogelii</i> Hook.	豆科	0.57 ± 0.06 h~o	0.80 ± 0.06 b~g	0.613	0.842
艾蒿 <i>Artemisia princeps</i> Pamp	菊科	0.60 ± 0.08 f~m	0.76 ± 0.04 b~h	0.645	0.800
人心果 <i>Manikara zapota</i> (Linn.) Royen	山榄科	0.82 ± 0.06 ab	0.66 ± 0.09 g~l	0.882	0.695
番石榴 <i>Psidium guajava</i> L.	桃金娘科	0.62 ± 0.06 f~l	0.65 ± 0.08 h~l	0.667	0.684
华南毛蕨 <i>Cyclosorus parasiticus</i> (L.) Farw.	金星蕨科	0.59 ± 0.07 g~n	0.74 ± 0.07 c~j	0.634	0.779
假连翘 <i>Duranta repens</i> Linn.	马鞭草科	0.76 ± 0.07 b~e	0.89 ± 0.04 ab	0.817	0.937
芭蕉 <i>Musa paradisiaceae</i> L.	芭蕉科	0.58 ± 0.06 h~o	0.76 ± 0.06 b~h	0.624	0.800
潺槁树 <i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C. B. Rob.	樟科	0.60 ± 0.08 f~m	0.80 ± 0.08 b~g	0.645	0.842
五爪金龙 <i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet	旋花科	0.47 ± 0.06 n~s	0.75 ± 0.09 b~h	0.505	0.789
马兜铃 <i>Aristolochia chamionii</i> Merr. et Chun	马兜铃科	0.65 ± 0.06 e~j	0.76 ± 0.07 b~h	0.707	0.792
裂叶牵牛 <i>Ipomoea hederaceae</i> Merr. et Chum.	旋花科	0.61 ± 0.10 f~m	0.75 ± 0.11 b~h	0.663	0.781
蒺藜 <i>Tribulus terrestris</i> L.	蒺藜科	0.83 ± 0.08 a~b	0.89 ± 0.07 ab	0.902	0.927
巴西菊 <i>Maximiliana maripa</i> cucurite palm	菊科	0.46 ± 0.04 o~s	0.77 ± 0.12 b~h	0.500	0.802
益母草 <i>Leonurus heterophyllus</i> Sweet	唇形科	0.81 ± 0.07 bc	0.89 ± 0.06 ab	0.880	0.927
走马箭 <i>Sambucus chinensis</i> Lindl.	忍冬科	0.79 ± 0.07 b~d	0.86 ± 0.11 abc	0.859	0.896
苦瓜 <i>Momordica charantia</i> L.	葫芦科	0.61 ± 0.04 f~m	0.75 ± 0.05 b~h	0.663	0.781
山姜 <i>Alpinia japonica</i> (Thumb.) Miq.	姜科	0.52 ± 0.06 k~r	0.73 ± 0.05 c~j	0.565	0.760
大蒜 <i>Allium ampeloprasum</i> L. S. I.	石蒜科	0.66 ± 0.04 e~j	0.49 ± 0.07 m~o	0.717	0.510
韭菜 <i>Allium tuberosum</i> Rottl.	石蒜科	0.68 ± 0.06 d~h	0.75 ± 0.13 b~h	0.739	0.781
海南红豆 <i>Ormosia pinnata</i> (Loureiro) Merr.	豆科	0.81 ± 0.07 bc	0.60 ± 0.06 j~m	0.880	0.625
印楝素 <i>Azadirachta indica</i> A. Juss	楝科	0.23 ± 0.03 v	0.21 ± 0.04 p	0.250	0.219

同列数字后字母相同者经 DMRT 检验, 在 0.05 水平上差异不显著。

Different english letter of the same rank indicated significant difference among treatments ($P=0.05$) by Duncan's multiple range test.

其中以现代苦楝油对 3~5 龄若虫的毒杀效果最好, *IIPC* 值为 0.219, 也即达到 78.10% 的毒杀效果; 其次为薇甘菊和飞机草, *IIPC* 分别为 0.404 和 0.489, 即具有 50% 以上的毒杀作用; *IIPC* 值在 0.500~0.600 的有蟛蜞菊、马樱丹、百千层、尾叶桉和大蒜等 5 种植物乙醇提取物, 其它植物乙醇提取物对褐飞虱 3~5 龄若虫的效果较差, *IIPC* 值在 0.600 以上。

3 讨 论

近 20 年来研究者对印楝、苦楝、鱼藤酮、茴蒿素、黄杜鹃、蓖麻、夹竹桃、含羞草、薇甘菊、飞机草、蟛蜞菊、苍耳、马樱丹、苦瓜、大蒜等植物的杀虫活性进行了相关的研究和报道。其中楝科植物提取物印楝素^[13]、苦楝素、菊科植物中的除虫菊素^[14]等大部分是一些有毒物质, 能通过昆虫体表进入昆虫体内, 最终将昆虫杀死。也有部分植物提取物, 如非洲山毛豆^[15]、黄杜鹃^[16]等通过口器、消化道进入昆虫体内, 对其产生毒杀作用; 此外, 还有部分植物活性提取物往往兼有触杀活性和胃毒活性, 如鱼藤酮、茴蒿素等^[17], 这些已有不少被开发出植物源杀虫剂。然而许多研究表明, 植物提取物的毒杀作用一般、甚至较差, 但表现出强烈的驱避作用或拒食作用^[18-19]。试验结果表明, 处理后 24 h 后, 现代苦楝油、苦楝、蓖麻和芒萁等 10 余种植物乙醇提取物对褐飞虱 1~2 龄若虫均有显著的毒杀效果, 对 3~5 龄若虫毒杀作用弱。笔者前期研究报道也表明, 生姜、马兜铃、华南毛蕨、走马箭、巴西菊、裂叶牵牛、芭蕉、番石榴等 8 种乙醇提取物对褐飞虱成虫的产卵驱避效果达 100%; 飞机草、大蒜、苍耳、甘草、益母草、苦瓜、等 9 种植物提取物对褐飞虱成虫的产卵驱避率达 90% 以上^[20]。大蒜、苦楝油、白花非洲山毛豆的提取物 24 h 后拒食率达 89.19%~63.74%; 薇甘菊、蟛蜞菊、夹竹桃、含羞草、鱼尾葵等 8 种植物提取物拒食率均达 50% 以上^[10]。在这些对褐飞虱若虫有显著生物活性的植物提取物中, 一部分为常见作物、杂草的提取物, 如苦楝、蓖麻、芒萁、薇甘菊、马樱丹、白花丹、大蒜等。

长期以来, 杀虫剂的筛选依据主要为毒杀作用^[21], 如果以毒杀作用为指标, 则本研究中供试的 47 种植物提取物大都将被淘汰。植物保护剂是以保护植物免受害虫为害作为目标, 其作用顺序为忌避作用→拒食作用→毒杀作用^[22]。因此, 在对非嗜食植物的防御化合物研究中, 应以保护植物免受虫害作为目标, 将驱避作用、拒食作用、毒杀作用等建立一个综合指标, 以评价其对种群的控制作用, 避免丢弃有重要价值的材料。

植物次生代谢产物是新一代杀虫剂的重要来源之一, 植物次生物质的毒杀效果及其作用机理研究具有广阔的应用前景。然而, 植物在不同生长阶段、不同环境中, 其次生代谢物种类、含量均有不同。本研究所选择的 47 种植物, 尽管未能均在植物的最适生长期内采样, 但这些结果为天然产物有效控制害虫的开发利用提供参考。同时, 非嗜食植物次生化合物对褐飞虱种群的干扰作用, 如对若虫的抑制发育作用、对当代成虫的雌性比率、产卵量、逐日产卵概率和逐日存活率的影响等都有待于深入探索、补充, 为水稻植物保护剂的开发提供理论依据。

参考文献:

- [1] 顾正远, 刘贤金, 韩丽娟 等. 吡虫啉的杀虫机制及配套应用技术研究[J]. 西南农业大学学报, 1998, 20(5): 397-400.
- [2] Liu Z W, Han Z J, Wang Y C, et al. Selection for imidacloprid resistance in *Nilaparvata lugens* Stal: Cross-resistance patterns and possible mechanisms[J]. Pest Manag Sci, 2003, 59(2): 1355-1359.
- [3] 刘泽文, 韩召军, 张玲春, 等. 抗吡虫啉褐飞虱品系中扑虱灵、仲丁威对吡虫啉的增效作用[J]. 农药, 2003, 42(8): 23-25.
- [4] Grafius E J, Bishop B A, Grafius E J, et al. Resistance to imidacloprid in Colorado potato beetles from Michigan[J]. Resist Pest Manag, 1996(8): 21-25.
- [5] Foster S, Denholm I, Thompson R. Variation in response to neonicotinoid insecticide in peach-potato aphids, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) [J]. Pest Manag Sci, 2003, 59(2): 166-173.
- [6] Cahill M, Gornan K, Day S, et al. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) [J]. Bull Entomol Res, 1996, 8(6): 343-349.
- [7] 钦俊德. 昆虫与植物的关系[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 38.

(下转第 475 页)

- plication systems: Hovde D A , Beestman G B: American society for testing and materials , Philadelphia , 1988.
- [4] Pratap A P , Bhowmick D N. Pesticides as microemulsion formulations [J]. Journal of dispersion science and technology , 2008 29: 1325-1330.
- [5] 陈福良, 尹明明. 农药微乳剂概念及其生产应用中存在问题辨析[J]. 农药学学报, 2007 9(2): 110-116.
- [6] 华乃震. 农药微乳剂的研究和进展[J]. 现代农药, 2004 3(5): 19-23.
- [7] Narayanan. Water - based microemulsion of a pyrethroid: US , 6045816 [P].
- [8] Heinrich. Selective herbicidal compositions in the form of concentrated microemulsions: US , 5733847 [P].
- [9] No H K , Park N Y , Lee S H , et al. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oli-gomers with different molecular weights [J]. Int J Food Microbiol , 2002 74(1/2) : 65-72.
- [10] Prapagdee B , Kotchadt K , Kumsopa A , et al. The role of chitosan in protection of soybean from sudden death syndrome caused by *Fusarium solani* f. sp. *glycines* [J]. Bioresource Technology , 2007 98(7) : 1353-1358.
- [11] 祝美云, 赵晓芳. 壳聚糖及其衍生物在鲜切果蔬和食品保鲜中的应用进展[J]. 食品研究与开发, 2007 28(4): 153-155.
- [12] 蒋挺大. 壳聚糖[M]. 北京: 化学工业出版社 2001.
- [13] 霍美蓉, 周建平, 张勇, 等. 新型两性壳聚糖衍生物的合成、表征及对难溶性药物的增溶性[J]. 高等学校化学学报 2007 28(10) : 1995-1999.
- [14] 杨华, 马林, 黄爱民, 等. 两性型羧甲基壳聚糖衍生物的合成及体外药物释放[J]. 功能高分子学报, 2007 19/20(3) : 315-319.
- [15] Marc A T , William J P , Edward J D , et al. Assessment of chitosan gels for the controlled release of agrochemicals [J]. Ind Eng Chem Res , 1990 29: 1205-1209.
- [16] 薛勇. 植物源杀虫剂常用种类及优缺点[J]. 河北果树 2007(4) : 17-18.

(上接第 468 页)

- [8] 庞雄飞. 植物保护剂与植物免害工程: 异源植物次生化合物在害虫防治中的应用[J]. 世界科技研究与发展, 1999 21(2): 24-28.
- [9] 钟平生, 梁广文, 曾玲. 非嗜食植物次生化合物对褐稻虱实验种群的控制作用[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2004 17(2): 13-18.
- [10] 钟平生, 梁广文, 曾玲. 植物粗提物对褐稻虱成虫取食的影响[J]. 昆虫知识 2009 46(4): 620-623.
- [11] 钟平生, 梁广文, 曾玲. 非嗜食植物次生物质对褐稻虱种群的干扰作用[J]. 环境昆虫学报 2009 31(1): 85-89.
- [12] 庞雄飞, 张茂新, 侯有明, 等. 植物保护剂防治害虫效果的评价方法[J]. 应用生态学报, 2000 11(2): 108-110.
- [13] 张兴. 川楝素引致菜青虫中毒症状研究[J]. 西北农业大学学报, 1993 21(1): 27-30.
- [14] 华纯. 拟除虫菊酯类农药的进展和剂型[J]. 世界农药 2009 31(5): 39-44.
- [15] 黄继光. 非洲山毛豆中鱼藤酮的应用初步研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2001.
- [16] 尚稚珍, 张庆林, 刘准, 等. 黄杜鹃杀虫物质的提取与活性研究[J]. 化学生态物质, 1990(2): 6-9.
- [17] 张庭英, 徐虹虹, 王长宏. 鱼藤酮的应用现状及存在问题[J]. 农药 2005 44(8): 352-355.
- [18] 邱晨, 吴晓峰, 张立洋. 几种非十字花科蔬菜提取物对菜青虫的干扰控制作用[J]. 中国农学通报 2009 25(1): 190-193.
- [19] 苏远萍. 植物提取物及其混剂防治褐飞虱的研究[D]. 武汉: 华中农业大学 2009.
- [20] 钟平生, 梁广文, 曾玲. 非嗜食植物提取物对褐稻虱产卵的驱避作用[J]. 植物保护 2010 36(4): 85-89.
- [21] 洗继东, 梁广文, 沈叔平, 等. 非嗜食植物乙醇提取物对小菜蛾种群的控制作用研究[J]. 应用生态学报 2005 16(2): 313-316.
- [22] 岑伊静, 庞雄飞, 徐长宝, 等. 薇甘菊乙醇提取物对桔全爪螨种群的控制作用[J]. 应用生态学报 2005 16(4): 754-757.