

陈旭波,蔡凡凡,陈 睿,等. 入侵植物乙醇提取物对绿豆象的生物活性测定[J]. 江苏农业科学,2017,45(9):83-86.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.022

# 入侵植物乙醇提取物对绿豆象的生物活性测定

陈旭波,蔡凡凡,陈 睿,骆争荣

(丽水学院生态学院,浙江丽水 323000)

**摘要:**为筛选出更具有活性的植物,为进一步开发成为植物源农药提供基础数据,研究入侵植物乙醇提取物对绿豆象的生物活性。以属于 16 科 26 种入侵植物作为材料,利用点滴、驱避方法研究乙醇提取物对绿豆象的触杀和驱避活性。结果表明:26 种入侵植物乙醇提取物的触杀活性和驱避活性均存在明显差异。阿拉伯婆婆纳、刺苋、红花酢浆草、钻叶紫菀、白车轴草、一年蓬的乙醇提取物对绿豆象具有较强的触杀活性,校正死亡率分别为 97%、97%、79%、62%、62%、52%。阿拉伯婆婆纳、刺苋、红花酢浆草的乙醇提取物触杀活性与相同处理的毒死蜱无显著性差异( $P > 0.05$ )。垂序商陆、一年蓬的乙醇提取物对绿豆象的驱避率分别为 43%、57%,驱避等级达到Ⅲ级。说明阿拉伯婆婆纳、刺苋、红花酢浆草乙醇提取物对绿豆象的触杀活性及垂序商陆和一年蓬乙醇提取物对绿豆象的驱避活性均较强,具有开发成植物源杀虫剂的潜力。

**关键词:**入侵植物;乙醇提取物;触杀活性;驱避活性;绿豆象

**中图分类号:** Q965 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0083-04

绿豆象(*Callosobruchus chinensis* L.)分布于世界各国,是主要的仓储害虫之一,可降低绿豆种子质量的 30.2%~55.7%,严重时,整个仓内的绿豆会遭受毁灭性危害<sup>[1]</sup>。在安徽省明光市绿豆象 1 年可发生 7~8 代,农户储存绿豆的受害率平均为 44.8%<sup>[2]</sup>。在河南省南阳地区,绿豆被害粒率一般为 11.3%~47.7%,贮藏不当可达到 87.4%<sup>[3]</sup>。因此,开

发有效控制绿豆象的生物防治方法十分迫切,而开发新型植物源杀虫剂的基础在于筛选出具有高效杀绿豆象的植物提取物。

植物体内次生代谢产物超过 40 万种,其中不少物质有杀虫活性,对有害昆虫具有不同程度的毒杀、拒食、驱避、麻醉、抑制生长发育、不育、引诱甚至还有胃毒、熏蒸等作用,并且具有对天敌影响小、在环境中容易降解等特点<sup>[4-5]</sup>。筛选是植物源农药研发中最基础也最为重要的工作,已有大量的植物材料被筛选,不断有新的生物活性物质被发现<sup>[6-9]</sup>。张启东等采用微量点滴法和载毒叶片饲喂法测定 30 种药用植物乙醇提取物对黏虫 3 龄幼虫的触杀、胃毒以及拒食活性,表明卡瓦胡椒和厚朴的乙醇提取物具有较高的杀虫活性,但有效成分有待进一步研究<sup>[10]</sup>。时东方等利用点滴法研究胡桃楸乙醇提取物对绿豆象幼虫具有显著的杀虫活性<sup>[11]</sup>。周佳民等筛选了 8 种国产药用植物甲醇和无菌水提取液对大豆孢囊线

收稿日期:2016-12-05

基金项目:浙江省自然科学基金面上项目(编号:LY14C030003);浙江省丽水市自筹类公益性技术应用研究资助(编号:2015sjzc10);丽水学院-丽水市绿谷生物药业有限公司院士专家工作站基金。  
作者简介:陈旭波(1982—),男,浙江丽水人,硕士,实验师,研究方向为植物学及植物源杀虫剂的筛选与应用。E-mail:chenxubo@163.com。

通信作者:骆争荣,博士,讲师,研究方向为入侵生态学及生物防治。  
E-mail:extra@lsu.edu.cn。

[20]刘 渊,李喜焕,王瑞霞,等. 大豆耐低磷指标筛选与耐低磷品种鉴定[J]. 中国农业科技导报,2015,104(4):30-41.

[21]武兆云,郭 娜,赵晋铭,等. 大豆苗期耐低磷主成分及隶属函数分析[J]. 大豆科学,2012,31(1):42-46.

[22]赵艳红,陈怀珠,杨守臻,等. 大豆耐低磷鉴定指标研究[J]. 大豆科学,2009,28(1):175-177.

[23]谢甫锦,孙海妹,张惠君,等. 磷素对不同品质类型大豆光合生理的影响[J]. 大豆科学,2012,31(2):232-236.

[24]王 英,李喜焕,张彩英. 河北大豆地方品种耐低磷磷质筛选[J]. 大豆科学,2009,28(4):588-594.

[25]马兆惠. 磷酸二铵对单混种植条件下超高产大豆农艺性状和生理生化指标的影响[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2014.

[26]蒋小忠. 磷素对小麦生长发育特性、产量和品质的影响[D]. 扬州:扬州大学,2008.

[27]李 莉,张锡洲,李廷轩,等. 高产磷高效水稻磷素吸收利用特征[J]. 应用生态学报,2014,25(7):1963-1970.

[28]曹 璇,赵建宁,李 刚,等. 磷高效转基因水稻磷效率特征分析[J]. 中国农学通报,2015,31(24):14-18.

[29]马建华,王玉国,孙 毅,等. 低磷胁迫对不同品种高粱苗期形态及生理指标的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(5):1083-1091.

[30]贺因园. 磷高效甜玉米品种筛选及营养差异性研究[D]. 湛江:广东海洋大学,2010.

[31]李 俊,张春雷,秦 岭,等. 不同磷效率基因型油菜对低磷胁迫的生理响应[J]. 中国油料作物学报,2010,32(2):222-228,234.

[32]何 鹏. 低磷胁迫下橡胶树的生理应答及 SSH 文库构建与分析[D]. 海口:海南大学,2011.

[33]崔世友. 与产量有关的大豆株型、光合生理及耐低磷性状的基因定位[D]. 南京:南京农业大学,2006.

[34]敖 雪,谢甫锦,刘婧琦,等. 不同磷效率大豆品种光合特性的比较[J]. 作物学报,2009,35(3):522-529.

虫 2 龄幼虫的室内杀虫活性和对孢囊的田间抑制效果。结果表明,薄荷(*Mentha canadensis* L.)等 6 种植物的提取物可以为大豆孢囊线虫生物防治提供新的途径<sup>[12]</sup>。李云寿等利用熏蒸法研究黄花蒿提取物的杀虫活性。结果表明,用黄花蒿精油处理 24 h 后,对绿豆象的熏杀活性较强,半致死浓度为 11.28 mg/L<sup>[13]</sup>。卢佳佳等研究了 4 种中草药对绿豆象的触杀、熏蒸和驱避活性,表明马松子正己烷提取物具有较好的触杀活性<sup>[14]</sup>。部分研究涉及以入侵植物对绿豆象的杀虫活性,如利用紫茎泽兰[*Ageratina adenophora* (Spreng.) R. M. King&H. Rob.]<sup>[15]</sup>、加拿大一枝黄花(*Solidago Canadensis* L.)和南美蟛蜞菊[*Wedelia trilobata*(L.) Hitchc.]<sup>[16]</sup>的挥发油开展对绿豆象的触杀和熏蒸作用,表现出较好的活性。

我国的入侵植物种类高达 806 种<sup>[17]</sup>,对当地的生态系统均造成了一定的威胁<sup>[18-20]</sup>。如何利用好这些外来入侵植物

是值得研究的课题。目前,系统筛选入侵植物的工作非常少,主要集中在挥发油的杀虫活性方面,而对于极性提取物中潜在的杀虫活性研究鲜有报道。本试验以 26 种入侵植物醇提取物为对象,利用点滴、驱避方法研究它们对绿豆象的生物活性,筛选出活性较高的植物,为绿豆象的生物防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

在浙江省丽水市莲都区野外采集 26 种入侵植物(表 1),隶属于 16 科,根部材料取其主根。入侵物种名录和等级的划分参考马金双等的研究成果<sup>[17]</sup>。将材料阴干,打成粉,取 50 g 粉末,用无水乙醇浸提 10 d。溶剂用旋转蒸发仪(IKA, RV8)回收,获得乙醇提取物备用,试验之前将乙醇提取物通过冷冻干燥机(FD-1-50)干燥 24 h,配制所需浓度。

表 1 筛选的入侵植物列

物种	使用部位	等级	物种	使用部位	等级
阿拉伯婆婆纳( <i>Veronica persica</i> Poir.)	全株	3	球序卷耳( <i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.)	全株	3
钻叶紫菀( <i>Aster subulatus</i> Michx.)	全株	1	野老鹳草( <i>Geranium carolinianum</i> L.)	全株	2
斑地锦( <i>Euphorbia maculata</i> Linn.)	全株	3	牵牛[ <i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth]	全株	2
香丝草[ <i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.]	全株	2	北美车前( <i>Plantago virginica</i> L.)	全株	2
刺苋( <i>Amaranthus spinosus</i> L.)	地上部分	1	裸柱菊[ <i>Soliva anthemifolia</i> (Juss.) R. Br.]	全株	4
藿香蓟( <i>Ageratum conyzoides</i> L.)	全株	1	小蓬草[ <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.]	地上部分	1
鳢肠( <i>Eclipta prostrata</i> )	全株	4	一年蓬[ <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.]	地上部分	1
垂序商陆( <i>Phytolacca americana</i> L.)	根	2	裂叶月见草( <i>Oenothera laciniata</i> Hill)	全株	3
田野水苏( <i>Stachys arvensis</i> L.)	全株	4	鬼针草( <i>Bidens pilosa</i> L.)	地上部分	1
细叶旱芹[ <i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Persoon) Sprague ex Britton &P. Wilson]	全株	4	蚊母草( <i>Veronica peregrina</i> L.)	全株	4
野茼蒿[ <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore]	全株	2	白车轴草( <i>Trifolium repens</i> L.)	地上部分	2
喜旱莲子草[ <i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.]	全株	1	臭芥[ <i>Coronopus didymus</i> (L.) J. E. Smith]	全株	4
牛茄子( <i>Solanum virginianum</i> L.)	全株	3	红花酢浆草( <i>Oxalis corymbosa</i> DC.)	地上部分	4

注:等级“1”表示恶性入侵植物,“2”表示严重入侵植物,“3”表示局部入侵植物,“4”表示一般入侵植物。

1.2 试验方法

1.2.1 绿豆象的饲养 将未受农药污染的绿豆装入玻璃瓶内,瓶口涂上聚四氟乙烯,接入绿豆象成虫(由丽水学院生态实验中心培养)。盖上棉布,用皮筋箍好,置于温度为 30.5℃、相对湿度为 70%~80%的培养箱中饲养。2 d 之后筛选成虫,将具有虫卵的绿豆置于培养箱中培养,挑选同一批次羽化、羽化后 1 d 的成虫作为供试虫源。

1.2.2 触杀活性测定 参照 Liu 等的方法<sup>[21]</sup>,用移液枪(Gilson,P2)将浓度为 5%的 0.2 μL 提取物配制液(无水乙醇为溶剂)滴于试虫的前胸背板,等量的无水乙醇作为对照,等量同浓度的毒死蜱作阳性对照(无水乙醇为溶剂)。每个处理重复 3 次,每个重复 10 头绿豆象,共 84 个重复处理后的昆虫转移到玻璃瓶(10 头/瓶),放入培养箱中 24 h 后,观察昆虫的死亡率。死亡率≥50%,则表明存在接触毒性,用(+)表示; <50%,表明没有接触毒性,用(-)表示。

1.2.3 驱避活性测定 参照 Liu 等的方法<sup>[22]</sup>,将直径为 9 cm 的圆形滤纸从中间裁为两半。一半用移液枪(Gilson,P1000)滴加浓度为 0.1%的 500 μL 提取物配制液(无水乙醇为溶剂),另一半滴加无水乙醇作对照,等量同浓度的毒死蜱乙醇溶液作阳性对照。待溶剂挥发后将两半滤纸用胶纸黏成整张,放到培养皿中。然后,在该培养皿中(正中)放入 20 头

供试昆虫。重复 3 次,共 81 个重复,观察记录 2 h 后昆虫的数量,按照如下公式计算驱避率。

$$\text{驱避率} = \frac{\text{对照部位虫数} - \text{给药部位虫数}}{\text{对照部位虫数} + \text{给药部位虫数}} \times 100\%$$

按照以下标准对驱避率进行分级:0 级,0.01%~0.1%;Ⅰ级,0.1%~20%(不含 0.1%);Ⅱ级,20.1%~40%;Ⅲ级,40.1%~60%;Ⅳ级,60.1%~80%;Ⅴ级,80.1%~100%。

1.3 统计分析

采用 SPSS 16.0 中的单因素方差分析数据,其中  $P \leq 0.01$  为极显著差异; $P \leq 0.05$  为显著性差异; $P > 0.05$  为无显著性差异。

2 结果与分析

2.1 触杀活性

结果表明,26 种入侵植物乙醇提取物的触杀活性具有显著差异( $F = 13.784, P < 0.01$ )。由表 2 可知,阿拉伯婆婆纳、钻叶紫菀、刺苋、一年蓬、白车轴草、红花酢浆草提取物具较强的触杀活性,校正死亡率均大于 50%。阿拉伯婆婆纳和刺苋的提取物校正死亡率均达到 97%,两者之间没有显著性差异( $P > 0.05$ );且阿拉伯婆婆纳、刺苋、红花酢浆草与农药毒死蜱之间没有显著差异( $P > 0.05$ );阿拉伯婆婆纳与钻叶紫菀、

表 2 入侵植物对绿豆象的筛选结果

物种	触杀活性 <sup>①</sup>	平均校正死亡率 (%)	驱避活性 <sup>②</sup>	驱避率 (%)
阿拉伯婆婆纳	+	97aA	-	0fghijkDEFGHIJ
钻叶紫菀	+	62bcBC	- -	- 17ijklmGHIJK
斑地锦	-	18fghiEFGH	+	7dfghiDEFGHI
香丝草	-	38defCDEF	-	0fghijkDEFGHIJ
刺苋	+	97aA	+	13dfgCDEFG
藿香蓟	-	45cdeCDE	+	3dfghijDEFGHI
鳢肠	-	7hiFGH	+	20cdfBCDEF
垂序商陆	-	18fghiEFGH	+ + +	43abcABC
田野水苏	-	4iGH	- -	- 30lmJK
细叶旱芹	-	7hiFGH	- -	- 10ghijklFGHIJK
野苘蒿	-	4iGH	- -	- 30lmJK
喜旱莲子草	-	11hiFGH	+	20cdfBCDEF
牛茄子	-	7hiFGH	- -	- 7ghijklEFGHIJK
球序卷耳	-	45cdeCDE	+	27bcdABCD
野老鹳草	-	28efghDEFGH	- -	- 13hijklmGHIJK
牵牛	-	4iGH	+	20cdfBCDEF
北美车前	-	14ghiEFGH	- -	- 20jklmHIJK
裸柱菊	-	0iH	- -	- 10ghijklFGHIJK
小蓬草	-	7hiFGH	- -	- 20jklmHIJK
一年蓬	+	52cdBCD	+ + +	57aA
裂叶月见草	-	14ghiEFGH	- -	- 37mK
鬼针草	-	35defgCDEFG	- -	- 23klmIJK
蚊母草	-	18fghiEFGH	+	27bcdABCD
白车轴草	+	62bcBC	- -	- 7ghijklEFGHIJK
臭茅	-	11hiFGH	+	23cdfBCDE
红花酢浆草	+	79abAB	+	10dfghDEFGH
无水乙醇	-	3iGH	+ + +	50abAB
毒死蜱	+	100aA	+	10dfghDEFGH

注：“①-”表示无活性,校正死亡率<50%；“①+”表示有活性,校正死亡率≥50%。“②- -”表示具有吸引作用；“②-”表示驱避等级为 0 级；“②+”表示驱避等级为Ⅰ级；“②+ +”表示驱避等级为Ⅱ级；“②+ + +”表示驱避等级为Ⅲ级。不同小写字母表示有显著性差异 ( $P < 0.05$ )，不同大写字母表示有极显著差异 ( $P < 0.01$ )。

一年蓬、白车轴草的提取物触杀活性具有极显著差异 ( $P < 0.01$ )；其他 20 种植物乙醇提取物触杀活性均较小。这表明以上 6 种植物的乙醇提取物里具有触杀活性物质,可以进一步研究。

2.2 驱避活性

结果表明,26 种入侵植物乙醇提取物的驱避活性具有极显著差异 ( $F = 8.08, P < 0.01$ )。由表 2 可知,垂序商陆、一年蓬提取物的驱避活性最高,均达到Ⅲ级,两者间差异不显著 ( $P > 0.05$ )；蚊母草、臭茅、球序卷耳提取物的驱避活性均达到Ⅱ级,球序卷耳、蚊母草、臭茅提取物间的驱避活性没有显著性差异 ( $P > 0.05$ )。阿拉伯婆婆纳和香丝草提取物则没有驱避活性；钻叶紫菀、田野水苏、细叶旱芹、野苘蒿、牛茄子、野老鹳草、北美车前、裸柱菊、小蓬草、裂叶月见草、鬼针草、白车轴草等 12 种入侵植物乙醇提取物的驱避率均为负值,并没有任何的驱避活性,相反,它们具有吸引绿豆象的作用。其中,田野水苏、野苘蒿、裂叶月见草乙醇提取物的驱避率分别为 -30%、-30%、-37%,具有吸引绿豆象的作用,它们之间的驱避效果均没有显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

2.3 入侵植物提取物活性特点

乙醇提取物中同时具备触杀和驱避活性的入侵植物有刺

苋、一年蓬、红花酢浆草。但是,驱避活性和触杀活性没有相关性。例如,阿拉伯婆婆纳提取物具备较高的触杀活性,却没有驱避活性；垂序商陆提取物没有触杀活性,而驱避活性却达到Ⅲ级。提取物不具备触杀和驱避活性的入侵植物有香丝草、田野水苏、细叶旱芹、野苘蒿、牛茄子、野老鹳草、北美车前、裸柱菊、小蓬草、裂叶月见草、鬼针草。除香丝草提取物外,均具有吸引绿豆象的作用,其中绝大部分属于伞形科、菊科和唇形科。

3 讨论

Jacobson 预测最具活性的植物类群应集中在楝科 (Meliaceae)、芸香科 (Rutaceae)、菊科 (Asteraceae)、番荔枝科 (Annonaceae)、唇形科 (Labiatae)、白樟科 (Canellaceae)<sup>[23]</sup>。本研究所做的筛选工作并没有局限在这几个科,但得到了较好的效果。这说明只要材料易得,筛选范围应尽可能包含广泛的植物类群。

前人对一些入侵种做过抗菌研究,如对突尼斯产小蓬草的石油醚、乙酸乙酯和甲醇提取物进行抗菌、抗氧化和细胞毒性研究发现,甲醇提取物具有重要的抑菌活性,表现出良好的抗氧化活性,半抑制浓度为 120 μg/mL<sup>[24]</sup>。而同样是极性提

取物,本研究结果表明,小蓬草乙醇提取物对绿豆象的触杀和熏蒸活性均较低。这说明植物源极性提取物的作用与作用对象关系很大。Patra 等研究表明,垂序商陆的三氯甲烷和正己烷提取物具有天然活性,能抑制口腔疾病致病菌生长<sup>[25]</sup>。本研究结果表明,垂序商陆的极性成分对绿豆象也具有较强的驱避活性。由此可见,生物活性成分值得进一步研究,以确定它是否同时具备抗菌和杀虫效果。

紫茎泽兰、加拿大一枝黄花、南美蟛蜞菊的挥发油对绿豆象表现出较好的触杀和熏蒸活性<sup>[15-16]</sup>,这为本研究的进一步细化提供了参考。卢佳佳等的结果<sup>[14]</sup>和本研究的结果表明,材料的筛选要综合考虑其植物成分。一些入侵植物提取物表现出了较好的杀虫活性,如鳢肠叶片的甲醇提取物对致乏库蚊 4 龄幼虫的半致死浓度为 0.011 4%<sup>[26]</sup>;藿香蓟新鲜叶片精油对赤拟谷盗的致死浓度为 0.025%,控制小麦不被损害的浓度为 0.1%<sup>[27]</sup>。

今后将选取最具杀虫活性的植物,进一步分离、纯化活性物质,探究杀虫机理,对活性物质进行评价,为开发成有较高活性的新型生物源杀虫剂奠定基础。本研究主要探讨极性成分的杀虫和驱避活性,非极性成分,比如精油的杀虫效果有待于进一步研究。对其他储粮害虫是否有效果也是今后的研究方向。田野水苏等入侵植物提取物具有吸引绿豆象的作用,能否将它们的乙醇提取物开发作为绿豆象的引诱剂,是值得探讨的课题。

#### 4 结论

26 种入侵植物中有 8 种植物乙醇提取物具有较强的杀虫或驱避活性,其中阿拉伯婆婆纳、刺苋和红花酢浆草的乙醇提取物对绿豆象触杀活性较强,可以进一步研究其活性物质,挖掘杀虫机理;垂序商陆和一年蓬乙醇提取物对绿豆象有较好的驱避活性,田野水苏、野苘蒿、裂叶月见草乙醇提取物对绿豆象有较好的引诱作用,可进一步研究开发成为驱避剂或引诱剂。

#### 参考文献:

- [1] 冷廷瑞,金哲宇,杨付军,等. 吉林省绿豆象防治技术研究[J]. 吉林农业科学,2007,32(1):42-43.
- [2] 李新耀. 明光市绿豆象发生危害调查[J]. 安徽农学通报,2007,13(11):156-157.
- [3] 王宏豪,马吉坡,袁延乐,等. 南阳地区绿豆象的发生规律及防治策略[J]. 农业科技通讯,2015(7):229-230.
- [4] 单承莺,马世宏,张卫明. 我国植物源农药研究进展[J]. 中国野生植物资源,2011,30(6):14-18,23.
- [5] 韩俊艳,张立竹,纪明山. 植物源杀虫剂的研究进展[J]. 中国农学通报,2011,27(21):229-233.
- [6] Mackeen M M, Khan M N, Samadi Z. Brine shrimp toxicity of fractionated extracts of Malaysian medicinal plants[J]. Natural Product Sciences,2000,6(3):131-134.
- [7] 李雪娇,何军,冯俊涛,等. 西北地区 106 种植物杀虫活性的筛选[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(11):112-118.
- [8] 张兴,马志卿,冯俊涛,等. 植物源农药研究进展[J]. 中国生物防治学报,2015,31(5):685-698.
- [9] Liu X C, Liu Q, Chen X B, et al. Larvicidal activity of the essential oil of *Youngia japonica* aerial parts and its constituents against *Aedes albopictus*[J]. Zeitschrift Fur Naturforschung C,2015,70(1/2):1-6.
- [10] 张启东,黄路枝,胡兆农,等. 30 种药用植物提取物杀虫杀菌活性研究[J]. 西北植物学报,2006,26(6):1223-1230.
- [11] 时东方,战德胜,王雨萌,等. 胡桃楸提取物杀虫活性初探[J]. 长春师范学院学报,2013,32(6):69-72.
- [12] 周佳民,黄文坤,崔江宽,等. 不同药用植物提取液对大豆孢囊线虫的控制作用[J]. 植物保护,2015,41(5):225-228.
- [13] 李云寿,唐绍宗,邹华英,等. 黄花蒿提取物的杀虫活性[J]. 农药,2000,39(10):25-26.
- [14] 卢佳佳,孙艺钦,龙顺悦,等. 4 种中草药对绿豆象的生物活性[J]. 贵州农业科学,2016,43(3):141-144.
- [15] 李云寿,邹华英,汪禄祥,等. 紫茎泽兰提取物对四种储粮害虫的杀虫活性[J]. 昆虫知识,2001,38(3):214-216.
- [16] 邓业成,李瑞钰,杨林林,等. 加拿大一枝黄花和南美蟛蜞菊精油的杀虫活性及化学成分[J]. 广西师范大学学报(自然科学版),2014,32(2):122-129.
- [17] 马金双,闫小玲,寿海洋. 中国入侵植物名录[M]. 北京:高等教育出版社,2013:91-175.
- [18] 林春华,唐赛春,韦春强,等. 广西来宾市外来入侵植物的调查研究[J]. 杂草科学,2015,33(1):38-44.
- [19] 韦春强,潘玉梅,唐赛春,等. 入侵植物薇甘菊入侵广西壮族自治区的风险评估[J]. 杂草科学,2015,33(1):32-37.
- [20] 丁丹,陈超. 红毛草(*Rhynchelytrum repens*)入侵特性、地理分布和风险评估[J]. 杂草学报,2016,34(2):29-33.
- [21] Liu Z L, Goh S H, Ho S H. Screening of Chinese medicinal herbs for bioactivity against *Sitophilus zeamais* Mostchulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst)[J]. Journal of Stored Products Research,2007,43(3):290-296.
- [22] Liu Z L, Ho S H. Bioactivity of the essential oil extracted from *Evo-dia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst)[J]. Journal of Stored Products Research,1999,35(4):317-328.
- [23] Jacobson M. Botanical pesticides, past, present, and future[M]// Arnason, J T, Philogène B J R, Morand P. Insecticides of plant origin. Washington:ACS Symposium Series, American Chemical Society,1989:1-10.
- [24] Hayet E, Maha M, Samia A, et al. Antibacterial, antioxidant and cytotoxic activities of extracts of *Conyza canadensis* (L.) Cronquist growing in Tunisia[J]. Medicinal Chemistry Research,2009,18(6):447-454.
- [25] Patra J K, Kim E S, Oh K, et al. Antibacterial effect of crude extract and metabolites of *Phytolacca americana* on pathogens responsible for periodontal inflammatory diseases and dental caries[J]. BMC Complementary and Alternative Medicine,2014,14(1):343-348.
- [26] Dass K and Mariappan P. Larvicidal activity of *Colocasia esculenta*, *eclipta prostrata* and *Wrightia tinctoria* leaf extract against *Culex quinquefasciatus*[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences:Biological Sciences,2016,86(1):139-143.
- [27] Jaya, Singh P, Prakash B, et al. Insecticidal activity of *Ageratum conyzoides* L., *Coleus aromaticus* Benth. and *Hyptis suaveolens* (L.) Poit essential oils as fumigant against storage grain insect *Tribolium castaneum* Herbst[J]. Journal of Food Science and Technology,2014,51(9):2210-2215.