黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 的生物活性

冯秀杰 张国宾 周星洋 邓松清 万树青*

(华南农业大学, 农药与化学生物学教育部重点实验室, 广州 510642)

摘要: 为探究黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 的生物活性,分别采用载玻片浸渍法、叶片残毒法和叶圆片法研究了黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨及其卵的触杀活性和驱避作用。结果表明,黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨及其卵具有较强的触杀活性,在 10 ~ 500 μg/mL 浓度范围内,对柑橘全爪螨雌成螨处理 24 h 的 LC_{50} 和 LC_{90} 分别为 62.92 μg/mL 和 346.02 μg/mL,其触杀毒力分别是鱼藤酮的 3.7 和 5.4 倍、印楝素的 3.2 和 8.1 倍;在 100 μg/mL 时杀卵活性达到了 42.9%,优于同浓度的鱼藤酮和印楝素;在 100 μg/mL 和 500 μg/mL 浓度下,处理 36 h 时对柑橘全爪螨的驱避率均大于 80.0%,与同浓度的鱼藤酮和印楝素相当。表明黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨具有较好的触杀、驱避作用,可作为杀螨活性的先导化合物。

关键词: 黄皮新肉桂酰胺 B; 生物活性; 柑橘全爪螨

Bioactivity of lansiumamide B against *Panonychus citri*

Feng Xiujie Zhang Guobin Zhou Xingyang Deng Songqing Wan Shuqing*

(Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology, Ministry of Education; South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong Province, China)

Abstract: To explore the bioactivity of lansiumamide B against *Panonychus citri*, the dip-slide, leaf residue and leaf disc methods were applied to study the contact, repellent and ovicidal activities of lansiumamide B, respectively. The results showed that lansiumamide B at the concentration range of 10 – 500 μg/mL showed higher contact toxicity against female adults of *P. citri*. The LC_{50} and LC_{90} values of lansiumamide B against the adults were 62.92 μg/mL and 346.02 μg/mL after 24 h treatment, respectively, and the toxicity of lansiumamide B were 3.7 and 5.4 times that of rotenone, 3.2 and 8.1 times that of azadirachtin, respectively. It also showed better ovicidal activity than rotenone and azadirachtin with a killing rate of 42.9% on eggs at the concentration of 100 μg/mL. The repellent rate of lansiumamide B against the female adults were both over 80.0% after 24 h treatment at 100 μg/mL and 500 μg/mL, which was equal to those of rotenone and azadirachtin. Lansiumamide B may be used as a lead compound of acaricidal activity for its excellent contact toxicity and repellency.

Key words: lansiumamide B; bioactivity; *Panonychus citri*

柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 属蛛形纲蜱螨科螨虫,又称柑橘红蜘蛛,主要以柑橘嫩叶、嫩梢、果实汁液和花蕾为食,成株受害轻,幼苗受害严重,可引起落叶、落花、落果,进而影响产量。该螨繁殖快,世代重叠严重,为害时间长,是柑橘上用药防治次数最多、产生抗药性速度最快的害螨(陈新华,2006;秦

基金项目: 广州市科技计划(2010Y1-(27))

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: wanshuqing@scau.edu.cn

收稿日期: 2014 – 08 – 15

卉,2012)。目前柑橘全爪螨的控制以化学防治为主,但由于化学药剂长期不合理的使用,导致该螨产生了不同程度的抗药性。因此,亟需开发高效、安全、低残留易分解的环境和谐型杀螨剂。

黄皮 *Clausena lansium* (Lour.) Skeels 属于芸香科黄皮属,主要分布于热带、亚热带地区,我国主要分布于长江以南各省。该属植物具有很好的药理活性,含有香豆素、生物碱等活性成分(Li et al.,1991; Maneerat et al.,2012a),主要具有保肝(李晓波等,2012)、降脂(Maneerat et al.,2012b)、降血糖、抗氧化(Prasad et al.,2009)、抗人类免疫缺陷病毒(*Human immunodeficiency virus*,HIV)(Ng et al.,2003)、抗肿瘤、抗疟原虫(Yenjai et al.,2000)、促智(蒋学英,1994)等作用。黄皮植物除具有药用价值外,其提取物还具有优异的杀虫、抑菌、除草活性,如黄皮种子甲醇提取物对茶黄蓟马 *Seirtothrips dorsalis*(张瑞明等,2011a)、朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus*(张瑞明等,2013)、米象 *Sitophilus oryzae*(张瑞明等,2011b)、萝卜蚜 *Lipaphis erysimi*(万树青和郑大睿,2005)有很强的毒杀作用;对稗草 *Echinochloa crus-galli* 根有抑制作用,且具有光活化除草活性(卢海博等,2005);对芒果炭疽病菌 *Colletotrichum gloeosporioides*、香蕉炭疽病菌 *C. musae* 等有很强的抑菌活性(刘序铭等,2008;刘艳霞等,2009)。黄皮果皮乙醇提取物对大肠杆菌 *Escherichia coli*、金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* 等细菌也具较好的抑菌效果(徐绍成等,2010)。黄皮叶甲醇提取物对油菜 *Brassica campestris* 有光活化活性,且其乙酸乙酯相活性最佳(卢海博和万树青,2005)。黄皮叶乙醇提取物对芒果蒂腐病菌 *Botryodiplodia theobromae* 有良好的抑菌效果(赵丰丽等,2009)。

黄皮新肉桂酰胺 B(lansiumamide B)是从植物黄皮种子中分离得到的一种酰胺类生物碱,具有很强的生物活性,为浅黄色针状晶体;m. p. 72 ~ 73℃;分子式为 $C_{18}H_{17}NO$;易溶于丙酮、甲醇(Han et al.,2013)。该化合物对白纹伊蚊 *Aedes albopictus*(Han et al.,2013)、松材线虫 *B. xylophilus*(马伏宁等,2009;Yin et al.,2012)及烟草青枯病菌 *Pseudomonas solanacearum*(Li et al.,2014)、芒果炭疽病菌和香蕉炭疽病菌(张瑞明等,2012)等具有很强的生物活性。本研究以柑橘全爪螨为对象,研究黄皮新肉桂酰胺 B 对其生物活性的影响,以期扩大黄皮新肉桂酰胺 B 的杀虫谱,为黄皮新肉桂酰胺 B 及其衍生物的合成和开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试昆虫:柑橘全爪螨 *Panonychu citri* 采自华南农业大学温室大棚内未接触过农药的柑橘叶上。

供试化合物:黄皮新肉桂酰胺 B(lansiumamide B)由本实验室提取、分离并保存;96% 印楝素(azadirachtin)原药和 98% 鱼藤酮(rotenone)原药作阳性对照,均购自美国 Sigma 公司;1 mg/mL 的黄皮新肉桂酰胺 B、鱼藤酮和印楝素乳油均由本实验室配制,溶剂为丙酮,乳化剂为吐温 -80。

仪器:LRH 型人工气候箱,广东省医疗器械厂;1702-MP8 型电子天平,美国 Hamilton 公司;SMZ-140 型体视显微镜,麦克奥迪实业集团中国有限公司。

1.2 方法

1.2.1 黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨的触杀活性

将黄皮新肉桂酰胺 B、鱼藤酮和印楝素乳油分别稀释成 10、25、50、100、500 μg/mL 系列质量浓度,采用载玻片浸渍法测定并稍作改进。将双面胶带粘贴于载玻片一端,用零号毛笔挑取大小一致、颜色鲜活的活泼雌成螨,将其背部黏在双面胶带上,每片 20 头,置于铺有湿润滤纸的培养皿内,4 h 后在体视显微镜下检查,剔除死亡个体,重新粘贴上健康活泼的雌成螨。然后将供试成螨浸入待测药液中轻轻摇动约 5 s 后,取出斜放,用滤纸条小心吸取虫体周围的多余药液,置于铺有湿润滤纸的培养皿内,于温度为 25 ±0.5℃、相对湿度为(75 ±3)%、光周期为 L∶D = 12 h∶12 h 的人工气候箱中培养。每处理 3 次重复,以 1%(v/v)吐温 -80 的水溶液为对照。分别在 12、24、36 h 检查结果,记录死亡数据并计算死亡率及校正死亡率。死亡标准以毛笔轻触全爪螨足或口器,无任何反应即为死亡。记录死亡数据并求出毒力回归方程及 LC_{50} 和 LC_{90}。死亡率 = 死亡虫数/总虫数 ×100%;校正死亡率 =(处理死亡率 - 对照死亡率)/(1 - 对照死亡率) ×100%。

1.2.2 黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨的杀卵活性

采用叶片残毒法测定并加以改进。采集新鲜、无虫的柑橘叶片,清水洗净晾干后,用湿脱脂棉条沿叶片边缘围一圈,防止全爪螨逃逸,放在垫有一层湿润滤纸的培养皿内,每片叶片接入雌成螨 20 头,置于 1.2.1 条件的人工气候箱中,任其产卵 24 h 后,剔除雌螨虫体,然后将带卵的叶片分别浸入 1.2.1 中所配各处理药液 5 s,取出放在吸水纸上阴干,显

微镜下用毛笔在每片叶片上圈出 40 粒卵，剔除多余卵。按照上述方法重新放入培养皿内，每日加水保湿，培养 6 d 后开始观察卵孵化情况，待对照组卵孵化并发育至若螨阶段，以处理卵没有孵化视为判断死亡的标准。每处理 3 次重复，以蒸馏水加 1% 体积的吐温 -80 为空白对照。检查结果、记录数据并计算死亡率与校正死亡率。

1.2.3 黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨的驱避活性

参照周琼等(2002)方法测定并加以改进，将鲜嫩的柑橘叶片带叶脉剪成直径 30 mm 的小圆碟，并保证叶脉两侧的叶面对称一致，然后以叶脉为界，用干净的毛笔在叶片一侧的正反面用药液涂布均匀，另一侧用丙酮处理作为对照，待叶片晾干，将叶片叶面朝上置于垫有湿润滤纸的培养皿内，然后用毛笔轻轻将大小一致、健康的柑橘全爪螨雌成螨挑在叶片上，每侧 15 头，共 30 头，用大小均匀规则的湿脱脂棉条沿叶片边缘围一圈，防止雌成螨逃逸。将培养皿置于 1.2.1 条件的人工气候箱中，于 12、24、36、48 h 检查叶片两侧的螨数(叶脉上的螨及死螨不计算在内)，并计算驱避率。每处理重复 3 次。驱避率 =(对照虫数 - 处理虫数)/对照虫数 ×100%。

1.3 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件对试验数据进行处理，应用 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨的触杀活性

黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨的触杀活性大小与处理时间呈正相关(表 1)。3 种化合物对雌成螨的触杀活性大小依次是黄皮新肉桂酰胺 B、印楝素、鱼藤酮。500 μg/mL 浓度处理后 36 h 时，3 种化合物对雌成螨的触杀活性无明显差异，且校正死亡率均大于 96.4%；处理后 12、24 h 时，鱼藤酮和印楝素对雌成螨的触杀活性相当，但均显著低于黄皮新肉桂酰胺 B。处理浓度为 100 μg/mL 时，黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨的触杀活性大于 59.1%，鱼藤酮与印楝素的触杀活性均小于 46.6%。

表 1　黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨的触杀活性

Table 1　Contact toxicity of lansiumamide B against the female adults of *Panonychus citri*

化合物 Compound	浓度(μg/mL) Concentration	校正死亡率 Corrected mortality (%)		
		12 h	24 h	36 h
黄皮新肉桂酰胺 B	10	14.5 ± 0.5 bc	14.5 ± 0.5 bc	16.4 ± 0.4 ab
Lansiumamide B	25	16.4 ± 1.1 cd	16.4 ± 1.1 cd	18.2 ± 1.0 ab
	50	29.1 ± 0.5 d	31.0 ± 0.4 d	40.0 ± 1.7 c
	100	59.1 ± 0.5 e	72.7 ± 1.7 e	72.77 ± 0.1 d
	500	96.4 ± 0.2 f	98.2 ± 1.0 f	98.2 ± 1.0 e
鱼藤酮	10	5.0 ± 0.0 a	5.1 ± 0.1 a	10.3 ± 0.9 a
Rotenone	25	5.0 ± 0.0 a	5.1 ± 0.1 a	12.1 ± 2.0 ab
	50	8.3 ± 0.4 ab	10.2 ± 0.6 abc	17.2 ± 0.6 ab
	100	15.0 ± 0.5 abc	18.6 ± 2.2 abc	31.0 ± 0.2 bc
	500	68.3 ± 1.9 e	76.3 ± 0.9 e	96.6 ± 0.2 e
印楝素	10	6.7 ± 0.0 a	6.8 ± 0.1 ab	13.8 ± 0.4 ab
Azadirachtin	25	6.7 ± 0.0 a	13.6 ± 1.4 abc	20.7 ± 0.6 ab
	50	8.3 ± 0.9 ab	15.3 ± 0.1 abc	22.4 ± 0.9 ab
	100	16.7 ± 0.4 abc	23.7 ± 1.4 cd	46.6 ± 1.3 c
	500	63.3 ± 1.0 e	78.0 ± 1.0 e	96.4 ± 0.2 e

表中数据为平均数 ± 标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean ± SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨的 LC_{50} 和 LC_{90} 分别为 62.92 μg/mL 和 346.02 μg/mL，鱼藤酮为 234.43 μg/mL 和 1 863.03 μg/mL，印楝素为 199.04 μg/mL 和 2 799.10 μg/mL；黄皮新肉桂酰胺 B 的触杀毒力分别是鱼藤酮的 3.7 和 5.4 倍、印楝素的 3.2 和 8.1 倍(表 2)。表明黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨具有很好的触杀活性，较经典的植物源农药鱼藤酮、印楝素活性好。

表 2 黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨 24 h 的触杀毒力

Table 2 The contact toxicity of lansiumamide B against the female adults of *Panonychus citri* at 24 h

化合物 Compound	LC_{50} (μg/mL)	95% 置信区间 95% confidence limit(μg/mL)	LC_{90} (μg/mL)	95% 置信区间 95% confidence limit (μg/mL)	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 R^2 Correlation coefficient
黄皮新肉桂酰胺 B Lansiumamide B	62.92	51.36 ~ 77.97	346.02	232.63 ~ 459.41	$y = 1.0036 + 2.2218x$	0.9626
鱼藤酮 Rotenone	234.43	163.19 ~ 305.67	1863.03	1757.18 ~ 1968.88	$y = 0.6695 + 1.8272x$	0.9423
印楝素 Azadirachtin	199.04	138.61 ~ 259.47	2799.10	2679.80 ~ 2918.40	$y = 1.7063 + 1.4327x$	0.9543

2.2 黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨的杀卵活性

鱼藤酮处理浓度小于 100 μg/mL 时,其对柑橘全爪螨的杀卵活性随着处理浓度的增加先增加后减小;大于 100 μg/mL 时,杀卵活性随着浓度的增加缓慢上升,500 μg/mL 时达到最大,为 10.4%。印楝素对柑橘全爪螨的杀卵活性在小于 100 μg/mL 时缓慢增加,大于 100 μg/mL 时急剧增加,500 μg/mL 时达到最大,为 87.0%。黄皮新肉桂酰胺 B 则在小于 100 μg/mL 时急剧增加,大于 100 μg/mL 时缓慢上升,在 500 μg/mL 处杀卵活性达到最大,为 55.8%。处理浓度为 100 μg/mL 时,黄皮新肉桂酰胺 B 的杀卵活性优于同浓度的印楝素和鱼藤酮(图 1)。

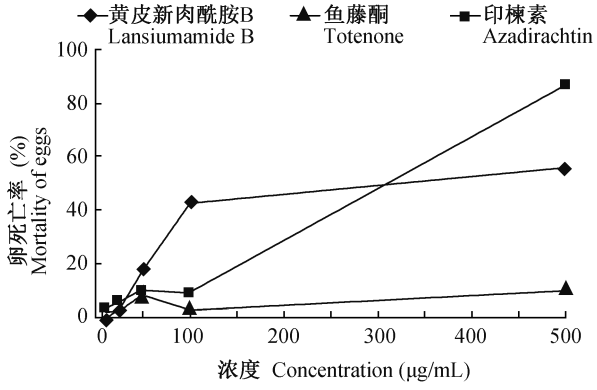

图 1 黄皮新肉桂酰胺对柑橘全爪螨的杀卵活性

Fig. 1 Ovicidal activity of lansiumamide B to *Panonychus citri*

2.3 黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨的驱避活性

黄皮新肉桂酰胺 B、鱼藤酮与印楝素对柑橘全爪螨雌成螨均具有一定的驱避活性,随着处理浓度的增加而增加(表 3)。处理浓度为 10、25 μg/mL 时,3 种化合物的驱避活性均小于 55.85%;50 μg/mL 时,随着处理时间的延长,黄皮新肉桂酰胺 B 和印楝素的驱避活性相对稳定,均在 50% 左右波动;鱼藤酮的驱避活性在 24 h 时达到最大,为 71.4%,

表 3 黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨的驱避活性

Table 3 Repellent activity of lansiumamide B to the female adults of *Panonychus citri*

化合物 Compound	浓度(μg/mL) Concentration	平均驱避率 Average repellent rate (%)			
		12 h	24 h	36 h	48 h
黄皮新肉桂酰胺 B Lansiumamide B	10	46.0 ± 1.4 c	32.8 ± 1.0 b	20.8 ± 1.2 b	15.1 ± 2.2 b
	25	55.8 ± 5.3 cd	33.3 ± 0.0 b	31.4 ± 2.8 c	27.3 ± 3.2 c
	50	57.0 ± 2.8 cd	41.7 ± 2.3 c	53.2 ± 1.8 e	49.7 ± 7.6 e
	100	57.1 ± 0.0 cd	69.6 ± 0.0 e	82.8 ± 5.1 f	76.0 ± 4.6 fg
	500	71.6 ± 2.0 ef	82.3 ± 3.3 g	86.1 ± 2.0 fg	79.8 ± 6.8 fg
鱼藤酮 Rotenone	10	16.6 ± 0.5 a	33.0 ± 0.5 b	31.2 ± 1.8 c	21.1 ± 3.4 bc
	25	20.0 ± 1.0 a	48.5 ± 2.1 d	34.3 ± 1.4 c	26.0 ± 0.4 c
	50	52.0 ± 1.0 c	71.4 ± 2.5 ef	43.8 ± 1.8 d	37.8 ± 3.7 d
	100	59.8 ± 1.1 d	74.2 ± 1.1 ef	79.9 ± 3.8 f	74.4 ± 0.8 fg
	500	67.3 ± 3.2 e	92.1 ± 0.6 h	89.6 ± 3.8 fg	81.4 ± 4.5 g
印楝素 Azadirachtin	10	15.1 ± 0.1 a	13.9 ± 2.0 a	6.2 ± 0.4 a	6.2 ± 1.1 a
	25	40.5 ± 2.3 b	44.0 ± 5.2 cd	55.1 ± 0.2 e	48.8 ± 1.7 e
	50	52.5 ± 3.5 c	49.4 ± 0.8 d	50.1 ± 0.2 e	45.1 ± 0.2 de
	100	56.8 ± 0.2 cd	77.0 ± 4.3 fg	83.6 ± 6.2 f	71.6 ± 4.8 f
	500	73.9 ± 0.0 f	81.7 ± 3.6 g	85.7 ± 3.3 fg	77.5 ± 3.5 fg

表中数据为平均数 ± 标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Data are mean ± SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

随后急剧降低。黄皮新肉桂酰胺 B 在 100 μg/mL 和 500 μg/mL 时驱避活性均随着处理时间的延长在 36 h 时达到最大，分别为 82.8% 和 86.1%，之后下降，且与同浓度的鱼藤酮和印楝素相当。说明黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨具有较强的驱避活性。

3 讨论

本研究首次表明，黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨雌成螨有很好的触杀、驱避活性和一定的杀卵活性，其对雌成螨 24 h 的 LC_{50} 和 LC_{90} 分别是 62.92 μg/mL 和 346.02 μg/mL，其毒力是鱼藤酮的 3.7 和 5.4 倍，印楝素的 3.2 和 8.1 倍。黄皮新肉桂酰胺 B 处理白纹伊蚊 4 龄幼虫（Han et al.，2013）和松材线虫（马伏宁等，2009）24 h 的 LC_{50} 分别为 0.45 μg/mL 和 8.38 μg/mL，其对二者的毒杀活性明显高于柑橘全爪螨。这可能与处理试虫方法（白纹伊蚊和松材线虫均采用药液浸泡法处理）以及试虫体壁组成成分、体壁厚度、接触药剂机会和接触面积有关。于江南等（2008）报道，用叶片残效法替代玻片浸渍法，使虫体处于活动状态，不仅可增加全爪螨活动量、接触药剂的机会和受药量、药剂穿透体壁的能力，还可增加药剂的胃毒作用。因此，实践中为提高黄皮新肉桂酰胺 B 对全爪螨的触杀活性，需筛选易穿透体壁的乳化剂，增大药剂与虫体壁的接触机会和面积，促进药剂有效成分的穿透。

苦楝核提取物对柑橘全爪螨卵的杀卵活性随处理浓度的增加先急剧增加后呈不明显上升趋势（韦成礼等，1995）；申圭良（2011）报道，浏阳霉素在 0.25 ~ 2.0 mg/mL 浓度范围内对柑橘全爪螨的杀卵活性呈正相关关系，且 1.00 mg/mL 和 2.00 mg/mL 处理组的杀卵活性相当。黄皮新肉桂酰胺 B 处理浓度小于 100 μg/mL 时，其杀卵活性急剧增加；大于 100 μg/mL 时缓慢上升，在 500 μg/mL 处达到最大，但其与 100 μg/mL 处的杀卵活性基本相当，与上述苦楝核提取物和浏阳霉素对该螨卵的毒杀效果一致。故根据黄皮新肉桂酰胺 B 的杀卵特性，在防治柑橘全爪螨时可考虑用较少的有效成分达到较高的防效；此外，黄皮新肉桂酰胺 B 的杀卵特性可能与其穿透卵壁能力及作用靶标相关。本研究表明，黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨具有较高的生物活性，杀卵活性相对较差。应松鹤（1982）报道，相同药剂对黑尾叶蝉 *Nephotettix bipunctatus*（Fabricius）卵的生物活性与卵发育期和处理温度有关。熊忠华等（2011）报道，柴油与阿维菌素复配可以显著增加阿维菌素对柑橘全爪螨卵的触杀效果。植物源杀螨剂筛选的重点是发现既具有杀虫活性，也具有杀卵活性的植物，但已报道兼具杀螨、卵活性的植物很少。故可以通过更换药物剂型、寻找合适的矿物油、植物油等增效剂及合理施药挖掘黄皮新肉桂酰胺 B 防治柑橘全爪螨的潜在价值。

黄皮新肉桂酰胺 B 对柑橘全爪螨的驱避活性随处理浓度的增加而增加，10 μg/mL 和 25 μg/mL 处理组驱避活性随处理时间的延长而下降，可能与叶片单位面积接触药量较少、有效成分降解或挥发有关，与何玉杰等（2013）报道的八角茴香提取物对长角扁谷盗 *Cryptolestes pusillus*（Schönherr）驱避趋势一致；100 μg/mL 和 500 μg/mL 处理组驱避活性先升高后下降，先升高可能是高浓度处理叶片单位面积接触药量较多，处理时间相同时叶片持药量大，后下降可能与黄皮新肉桂酰胺 B 的触杀活性、降解及挥发有关，这与王宗德等（2010）研究羟基香茅醛缩醛类化合物对白纹伊蚊的驱避趋势一致。

近几年，研发具有环境和谐型农药特点的植物源农药是国内外学者普遍关注的热点，即从自然界各种植物资源中提取、分离获得天然活性化合物或以分离出的生物活性成分为先导化合物合成新的化学农药是开发环境和谐型农药的有效途径。本研究补充了黄皮新肉桂酰胺 B 的杀虫谱，还证实其具有显著的触杀活性、较好的驱避活性和杀卵活性，为黄皮新肉桂酰胺 B 开发成为一种具有广阔发展前景的植物源农药或生物活性先导化合物提供了理论基础，但其杀虫、杀螨作用方式和作用机理还有待进一步深入研究。

参 考 文 献（References）

Chen XH. 2006. Study on bioactivity of *Polygonum perfoliatum* L. against *Panonychus citri* McGregor. Master Thesis. Guilin: Guangxi Normal University (in Chinese) [陈新华. 2006. 扛板归对柑橘红蜘蛛的生物活性研究. 硕士学位论文. 桂林：广西师范大学]

Han Y, Li LC, Hao WB, Tang M, Wan SQ. 2013. Larvicidal activity of lansiumamide B from the seeds of *Clausena lansium* against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). Parasitology Research, 112(2): 511 – 516

He YJ, Hua RM, Li SG, Li MY, Huang YZ, Shen ZH. 2013. Contact toxicity and repellency of extracts from *Illicium verum* against *Cryptolestes pusillus* (Schönherr). Journal of Chinese Cereals and Oils Association, 28(8): 63 – 64 (in Chinese) [何玉杰，花日茂，李世广，李茂业，黄衍章，沈宗海. 2013.

八角茴香提取物对长角扁谷盗的触杀和驱避活性. 中国粮油学报, 28(8): 63 – 64]

Jiang XY. 1994. Study on nootropic mechanism of clausenamide. Ph. D Thesis. Beijing: Peking Union Medical College (in Chinese) [蒋学英. 1994. 黄皮酰胺的促智作用机制研究. 博士学位论文. 北京: 北京协和医科大学]

Li LC, Feng XJ, Tang M, Hao WB, Han Y, Zhang GB, Wan SQ. 2014. Antibacterial activity of lansiumamide B to tobacco bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*). Microbiological Research, 169(7/8): 522 – 526

Li WS, McChesney JD, El-Feraly FS. 1991. Carbazole alkaloids from *Clausena lansium*. Phytochemistry, 30(1): 343 – 346

Li XB, Zhang R, Wang NS, Mi SQ. 2012. Lipid-lowering and hepatoprotective effect of extractives from folium *Clausenae lansii* on nonalcoholic fatty liver rats. Traditional Chinese Drug Research & Clinical Pharmacology, 23(4): 405 – 408 (in Chinese) [李晓波, 张荣, 王宁生, 宓穗卿. 2012. 黄皮叶提取物对非酒精性脂肪肝大鼠的降脂保肝作用研究. 中药新药与临床药理, 23(4): 405 – 408]

Liu XM, Ma FN, Wan SQ. 2008. Antifungal activity of the methanol extract of *Clausena lansium*. Plant Protection, 34(2): 64 – 66 (in Chinese) [刘序铭, 马伏宁, 万树青. 2008. 黄皮甲醇提取物的抑真菌作用. 植物保护, 34(2): 64 – 66]

Liu YX, Gong ZY, Wan SQ. 2009. Inhibitory effects of clausenamide alkaloid on seven fruit pathogenic fungi. Plant Protection, 35(5): 53 – 56 (in Chinese) [刘艳霞, 巩自勇, 万树青. 2009. 黄皮酰胺类生物碱的提取及对 7 种水果病原真菌的抑菌活性. 植物保护, 35(5): 53 – 56]

Lu HB, Wan SQ. 2005. Study on allelopathy activity of the methanol extract from *Clausena lansium*. Guangdong Agricultural Sciences, (4): 67 – 69 (in Chinese) [卢海博, 万树青. 2005. 黄皮叶甲醇提取物对油菜光活化化感活性的研究. 广东农业科学, (4): 67 – 69]

Lu HB, Wan SQ, Zhou LX. 2005. Study on the activity of photodynamic inhibiting growth to *Echinochloa crusgallis* of extracts from *Clausena lansium* seeds. Weed Science, (2): 11 – 13 (in Chinese) [卢海博, 万树青, 周丽兴. 2005. 黄皮果核有机溶剂浸提物对稗草光活化生长抑制活性. 杂草科学, (2): 11 – 13]

Ma FN, Wan SQ, Liu XM, Zhao F. 2009. Active ingredients of seed extracts of *Clausena lansium* and nematocidal activity against *Bursaphelenchus xylophilus*. Journal of South China Agricultural University, 30(1): 23 – 26 (in Chinese) [马伏宁, 万树青, 刘序铭, 赵凤. 2009. 黄皮种子中杀松材线虫成分分离及活性测定. 华南农业大学学报, 30(1): 23 – 26]

Maneerat W, Phakhodee W, Ritthiwigrom T, Cheenpracha S, Promgool T, Yossathera K, Deachathai S, Laphookhieo S. 2012a. Antibacterial carbazole alkaloids from *Clausena harmandiana* twigs. Fitoterapia, 83(6): 1110 – 1114

Maneerat W, Ritthiwigrom T, Cheenpracha S, Laphookhieo S. 2012b. Carbazole alkaloids and coumarins from *Clausena lansium* roots. Phytochemistry Letters, 5(1): 26 – 28

Ng TB, Lam SK, Fong WP. 2003. A homodimeric sporamin-type trypsin inhibitor with antiproliferative, HIV reverse transcriptase-inhibitory and antifungal activities from wampee (*Clausena lansium*) seeds. Biological Chemistry, 384(2): 289 – 293

Prasad KN, Hao J, Yi C, Zhang DD, Qiu SX, Jiang YM, Zhang MW, Chen F. 2009. Antioxidant and anticancer activities of wampee (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels) peel. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2009: 612805. DOI: 10.1155/2009/612805

Qin H. 2012. Screening of acaricide against *Panonychus citri* McGregor. Master Thesis. Guilin: Guangxi Normal University (in Chinese) [秦卉. 2012. 柑橘红蜘蛛防治药剂筛选. 硕士学位论文. 桂林: 广西师范大学]

Wan SQ, Zheng DR. 2005. Study on the photoactivited toxicity of several plant extracts to *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach). Plant Protection, 31(6): 55 – 57 (in Chinese) [万树青, 郑大睿. 2005. 几种植物提取物对萝卜蚜的光活化杀虫活性. 植物保护, 31(6): 55 – 57]

Wang ZD, Chen JZ, Song ZQ, Jiang ZK, Han ZJ, Song J. 2010. Synthesis of acetal derivatives of hydroxycitronellal and their repellent activity against mosquitoes. Acta Entomologica Sinica, 53(11): 1241 – 1247 (in Chinese) [王宗德, 陈金珠, 宋湛谦, 姜志宽, 韩招久, 宋杰. 2010. 羟基香茅醛缩醛类化合物的合成及对蚊虫的驱避活性. 昆虫学报, 53(11): 1241 – 1247]

Wei CL, Lu QM, Wei DS. 1995. The toxicity test of extracts from the seeds of *Melia azedarach* against *Panonychus citri* McGregor. Guangxi Agricultural Sciences, (4): 176 – 177 (in Chinese) [韦成礼, 陆清妹, 韦东胜. 1995. 苦楝核提取物对柑桔红蜘蛛卵的毒杀试验. 广西农业科学, (4): 176 – 177]

Shen GL. 2011. Laboratory toxicity test and field control effect of liuyangmycin to two kinds of acari. Hunan Agricultural Sciences, (15): 101 – 104 (in Chinese) [申圭良. 2011. 浏阳霉素对两种螨的室内毒力测定与田间防效. 湖南农业科学, (15): 101 – 104]

Xiong ZH, Xiong JM, Luo L. 2011. Effect of diesel oil and its mixture with abamectin on the eggs of *Panonychus citri* McGregor. Jiangxi Plant Protection, 34(3): 103 – 106 (in Chinese) [熊忠华, 熊件妹, 罗丽. 2011. 柴油及其与阿维菌素复配对柑橘全爪螨卵的作用. 江西植保, 34(3): 103 – 106]

Xu SC, Zhou HL, Liao YY, Yang R, Yang JS. 2010. Extract active substances in different organ of *Clausena lansium* and the activity to *Colletotrchum musae*. Food Research and Development, 31(11): 65 – 68 (in Chinese) [徐绍成, 周汉林, 廖艳云, 杨瑞, 杨劲松. 2010. 黄皮不同部位生理活性物质的提取与抗菌作用. 食品研究与开发, 31(11): 65 – 68]

Yenjai C, Sripontan S, Sriprajun P, Kittakoop P, Jintasirikul A, Tanticharoen M, Thebtaranonth Y. 2000. Coumarins and car-

bazoles with antiplasmodial activity from *Clausena harmandiana*. *Planta Medica*, 66(3): 277 – 279

Yin YH, Guo QM, Han Y, Wang LJ, Wan SQ. 2012. Preparation, characterization and nematicidal activity of lansiumamide B nano- capsules. Journal of Integrative Agriculture, 11(7): 1151 – 1158

Ying SH. 1982. The ovicidal activities of some insecticides. Acta Entomologica Sinica, 25(3): 289 – 293 (in Chinese) [应松鹤. 1982. 几种新杀虫剂的杀卵活性. 昆虫学报, 25(3): 289 – 293]

Yu JN, Wang DY, Xianmuxi·Wlam. 2008. Toxicities and control effect of different bio-miticides to *Tetranychus turkestani*. Agrochemicals, 47(8): 607 – 608, 619 (in Chinese) [于江南, 王登元, 仙米西卡麦尔·吾拉木. 2008. 不同生物杀螨剂对土耳其斯坦叶螨防效及毒力. 农药, 47(8): 607 – 608, 619]

Zhang RM, Wan SQ, Zhao DX. 2012. Advances in chemical constituents and biological activities of *Clausena lansium*. Natural Product Research and Development, 24(1): 118 – 123, 88 (in Chinese) [张瑞明, 万树青, 赵冬香. 2012. 黄皮的化学成分及生物活性研究进展. 天然产物研究与开发, 24(1): 118 – 123, 88]

Zhang RM, Zhao DX, Wan SQ. 2011a. Bioactivity of the methanol extract from *Clausena lansium* seed against *Sitophilus oryzae*. Agrochemicals, 50(1): 75 – 77 (in Chinese) [张瑞明, 赵冬香, 万树青. 2011a. 黄皮种子甲醇提取物对米象的生物活性. 农药, 50(1): 75 – 77]

Zhang RM, Zhao DX, Wan SQ. 2011b. Bioactivity of the methanol extract from *Clausena lansium* seeds against *Scirtothrips dorsalis*. Plant Protection, 37(3): 120 – 123 (in Chinese) [张瑞明, 赵冬香, 万树青. 2011b. 黄皮种子甲醇提取物对茶黄蓟马的生物活性. 植物保护, 37(3): 120 – 123]

Zhang RM, Zhao DX, Wan SQ. 2013. Bioactivity of *Clausena lansium* seeds extracts against *Tetranychus cinnabarinus*. China Plant Protection, 33(10): 5 – 9 (in Chinese) [张瑞明, 赵冬香, 万树青. 2013. 黄皮种子提取物对朱砂叶螨的生物活性. 中国植保导刊, 33(10): 5 – 9]

Zhao FL, Yang JX, Liang YM, Liu YQ. 2009. Pre-experiment of chemical composition of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels leafs extracts with ethanol and the antimicrobial effects to plant pathogens. Food Science and Technology, 34(1): 195 – 198 (in Chinese) [赵丰丽, 杨健秀, 梁燕美, 刘艳秋. 2009. 黄皮叶乙醇提取物化学成分预实验及对植物病原菌的抑制作用. 食品科技, 34(1): 195 – 198]

Zhou Q, Liang GW, Zeng L, Shen SP. 2002. The control efficiency of some plant alcohol extracts on the laboratory populations of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach). Scientia Agricultura Sinica, 35(11): 1356 – 1360 (in Chinese) [周琼, 梁广文, 曾玲, 沈叔平. 2002. 多种植物乙醇提取物对桃蚜和萝卜蚜试验种群的控制作用. 中国农业科学, 35(11): 1356 – 1360]

(责任编辑：李美娟)