应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2016, 53(4): 843−850. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2016.105

山胡椒及其挥发物对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响*

马艳粉[1,2**] 张晓梅[1] 胥 勇[3] 肖 春[2***]

(1. 德宏师范高等专科学校生命科学系，芒市 678400；2. 云南农业大学植物保护学院，昆明 650201；3. 云南省德宏州种子管理站，芒市 678400)

摘 要 **【目的】** 为了确定山胡椒 *Lindera glauca* (Sieb. Zuce) 是否对马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* Zeller 的产卵有驱避作用。**【方法】** 利用选择性产卵试验方法在室内分别测定了山胡椒的完整果实、压碎果实、根以及不同浓度（0.25 ~4.0 gE/mL）的压碎山胡椒果实正己烷提取物对马铃薯块茎蛾产卵选择性的影响；在模拟仓库内测定了压碎的果实对其产卵的影响；进而在室内测定了柠檬醛、沉香醇、香叶醇和α-水芹烯不同浓度(0.00075~0.012 g/L)的溶液对其产卵选择性的影响。**【结果】** 山胡椒完整果实、压碎果实、根在室内对马铃薯块茎蛾产卵具有驱避效果，其中压碎果实的产卵驱避效果最好，20 g 压碎果实的产卵驱避率可达 93.7%。山胡椒压碎果实正己烷提取物在 0.5~4.0 gE/mL 的浓度范围内随着浓度的升高，产卵驱避效果逐渐增强。在模拟仓库内 20 g 压碎的果实产卵驱避率是 82.5%；0.003~0.012 g/L 的柠檬醛，0.012 g/L 沉香醇，0.00075~0.012 g/L 的香叶醇，0.003~0.012 g/L 的α-水芹烯对马铃薯块茎蛾产卵有显著的驱避效果。**【结论】** 山胡椒及其挥发物对马铃薯块茎蛾产卵有驱避效果。

关键词 马铃薯块茎蛾，山胡椒，挥发物，产卵选择

Effect of *Lindera glauca* and its volatiles on the oviposition preferences of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*

MA Yan-Fen[1,2**] ZHANG Xiao-Mei[1] XU Yong[3] XIAO Chun[2***]

(1. Department of Life Science, Dehong Teacher's College, Mangshi 678400, China; 2. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. Department of Seed Management of Dehong City, Mangshi 678400, China)

Abstract **[Objectives]** To determine whether *Lindera glauca* (Sieb. Zuce) BL can repel oviposition by *Phthorimaea operculella*. **[Methods]** The effects of different parts of *L. glauca*; intact fruit, damaged fruit, roots, and concentrations of hexane extracts from damaged fruit from 0.25 to 4.0 gE/mL, on the oviposition preferences of *P. operculella* were tested under laboratory conditions. The repellent effect of damaged fruit was also tested in storage. The effects of four volatiles (citral, linalool, geraniol, α-phellandrene) at concentrations from 0.00075 to 0.012 g/L on the oviposition preferences of *P. operculella* were also tested in the laboratory. **[Results]** Although intact fruit, damaged fruit and roots could all repel oviposition, the oviposition deterrence percentage (ODP) achieved by damaged fruit was higher than that achieved by intact fruit or roots; 20 g of broken fruit had an ODP of 93.7%. The repellent activity of hexane extracts from broken fruit increased with concentration. The ODP of 20 g of broken fruit reached 82.5% in storage. Concentrations of 0.003 to 0.012 g/L of citral, 0.012 g/L of linalool, 0.00075 to 0.012 g/L of geraniol, and 0.003 to 0.012 g/L of α-phellandrene, all had an extremely strong deterrent effect on oviposition. **[Conclusion]** *L. glauca* and its volatiles have repel oviposition by *P. operculella.*

Key words *Phthorimaea operculella*, *Lindera glauca*, volatile, oviposition preference

---

*资助项目 Supported projects：云南省教育厅科学研究基金项目（2011Y469）；德宏师范高等专科学校优秀中青年教师学术带头人资助项目；德宏州第四批中青年学术和技术带头人资助项目

**第一作者 First author，E-mail：mayanfen2005@126.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：x.chun@ymail.com

收稿日期 Received：2015-12-14，接受日期 Accepted：2016-03-31

马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* Zeller 又名烟草潜叶蛾，是以幼虫钻蛀为害马铃薯和烟草的一种寡食性害虫。在马铃薯和烟草的生长期，成虫产卵在叶脉处，孵化的幼虫蛀食寄主的叶肉、顶芽，严重影响植株生长及烟草品质。在马铃薯收获期成虫产卵于裸露在土表处的薯块芽眼处，带卵的薯块转运到仓库内对贮藏期的马铃薯危害更为严重，贮藏 4 个月的马铃薯块茎受害率可达 100%，完全失去食用价值（徐树云，1993；李秀军等，2005）。因幼虫钻蛀到寄主内部为害，施用农药也只能在卵期发挥作用，但由于有卵壳的保护，效果并不理想，并且使用化学药剂不仅增加成本、造成环境污染、农药残留，还大大加剧了该虫的抗药性（Das *et al.*，2005），因此对其产卵行为进行调控成为发掘防控技术的关键之一。近年来利用植物调控害虫的产卵行为在环境保护和降低害虫抗药性方面发挥了重要作用，尤其在钻蛀性害虫防控方面取得了较好的效果（林海清等，2008；刘中芳等，2009）。其中利用植物精油和一些天然香辛料植物对害虫进行驱避在害虫治理中效果突出，这也为利用香辛料植物调控马铃薯产卵行为来防治其危害提供了一条研究途径（黄清臻等，1999；安靖靖等，2009）。

山胡椒 *Lindera glauca*（Sieb．Zuce）BL 为樟科植物山胡椒的果实，落叶灌木或小乔木，又名山苍子、山花椒、山鸡椒、野胡椒和香叶子，其叶、果实和根具有浓郁的芳香味，在云南德宏是一种常见的食用香料，目前的研究主要集中在医学和调味品方面（孙慧玲等，2011；张朝凤和王峥涛 2011；周书来等，2011；万顺康等，2012）。亦有利用山鸡椒精油防治害虫的研究，结果表明：山鸡椒油有显著的驱避蚊虫的效果（黄清臻等，1999）；山苍子油对蚕豆象 *Bruchus rufimanus* Boheman 有很强的熏蒸和毒杀效果（姚康和杨长举，1984）；山苍子油抑制玉米象 *Sitophilus zeamais* Motschulsky 卵的孵化，并对成虫有很强的致死效果（邓望喜等，1989）。以上报道显示，山胡椒有驱避、熏蒸和毒杀害虫的效果，但山胡椒能否驱避马铃薯块茎蛾产卵未见报道，并且山胡椒在德宏取材方便，价格便宜，因此，本文选择了山胡椒来研究其对马铃薯块茎蛾产卵行为的影响。山胡椒挥发性成分已经鉴定完毕，其中的主要成分是柠檬醛，并且已有研究表明柠檬醛有显著的驱虫效果（徐汉虹和赵善欢，1993；万顺康等，2012）。山胡椒挥发性成分桉叶醇、β-蒎烯、α-石竹烯、β-石竹烯、柠檬烯、β-红没药烯、β-金合欢烯同样存在马铃薯块茎蛾的寄主植物中，非寄主植物中也存在 α-石竹烯、β-桉叶油醇，并且桉叶醇、β-蒎烯、α-石竹烯、β-石竹烯、柠檬烯均对该虫产卵有引诱效果，但未测定其中的柠檬醛、沉香醇、香叶醇和 α-水芹烯对该虫的效果（马艳粉，2010；马艳粉等，2012；Ma and Xiao，2013；马艳粉和肖春，2015；）。那么山胡椒和其中的柠檬醛等未测定的挥发性成分对马铃薯块茎的产卵行为有何影响尚不确定，为此作者测定了山胡椒的完整果实、压碎的果实、根和压碎果实粗提物对马铃薯块茎蛾产卵行为的影响，因山胡椒的果实取材受季节的限制，作者进而测定了果实部分挥发性成分对马铃薯块茎蛾产卵行为的影响，以期为该虫的防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

马铃薯块茎蛾幼虫采自云南德宏，用马铃薯块茎饲养，成虫羽化后喂 10%蜂蜜水（桂富荣和李正跃，2003）。室内饲养条件为：温度（24±2）℃，光照 L：D=14：10，相对湿度为 50%~70%。

1.2 供试材料、药品及其供试溶液的制备

1.2.1 山胡椒的果实、根 将采集的山胡椒新鲜果实，一部分直接利用，一部分压碎后备用。将采集的山胡椒根晒干发出浓郁香味时做成 d=0.5 cm，L=5 cm 的小条备用。

1.2.2 山胡椒的果实粗提物制备 取 40 g 新鲜山胡椒果实压碎后在正己烷中浸 30 min 后浓缩至 10 mL，得浓度为 4 g 当量每毫升（Gram eqivalent/mL，gE/mL）的粗提物，依次稀释得到 2.0、1.0、0.5、0.25 gE/mL 的粗提物备用。

1.2.3　标准药品及其供试溶液的制备　标准药品的名称、纯度及来源详见表 1。以上药剂均用少量无水乙醇助溶后分别用蒸馏水配制成 0.00075、0.0015、0.003、0.006、0.012 g/L 的溶液待用。分别以含等量无水乙醇的水溶液作为对照。

表 1　标准样品的名称、纯度及来源

Table 1　Compounds, purity and source of standard chemical samples

名称 Compound	纯度 Purity (%)	CAS	来源 Source
柠檬醛 Citral	97	5392-40-5	Aladdin
沉香醇 Linalool	98	78-70-6	Aladdin
香叶醇 Geraniol	98	106-24-1	Aladdin
α-水芹烯 α-phellandrene	85	99-83-2	Sigma

1.3　实验方法

1.3.1　山胡椒不同材料的挥发物对马铃薯块茎蛾成虫产卵选择性的影响　分别将 4 个大小及芽眼数近似的干净马铃薯块茎对称放置于养虫笼中，养虫笼（长×宽×高=60 cm×60 cm×60 cm）底面为木板，其他面均为 40 目的尼龙纱网。将供试材料放在块茎之间的空隙处作为处理，未放供试材料的块茎作为对照。往养虫笼中接入当日羽化的成虫 20 头（雌：雄=1：1），以 10%蜂蜜水为其提供营养，3 d 后分别统计处理和对照上的落卵量，并计算产卵驱避率。4 次重复。

利用上述方法，分别测定山胡椒完整果实、压碎的果实和根的挥发物对雌成虫产卵选择性的影响。

1.3.2　模拟仓库内山胡椒压碎果实挥发物对马铃薯块茎蛾产卵选择性的影响　分别将 200 个大小及芽眼数近似的马铃薯块茎对称堆放在模拟仓库（长×宽×高=8 m×3 m×3 m）内的对角上，山胡椒压碎果实放在块茎之间的空隙处作为处理，未放置山胡椒的块茎作为对照。往仓库中接入当日羽化的成虫 100 头（雌：雄=1：1），以 10%蜂蜜水为其提供营养，3 d 后分别统计处理和对照上的落卵量，并计算产卵驱避率。4 次重复。

利用上述方法，分别测定不同重量的（10 g 和 20 g）山胡椒压碎果实挥发物对雌成虫产卵选择性的影响。

1.3.3　山胡椒压碎果实粗提物对马铃薯块茎蛾成虫的产卵选择性的影响　采用康敏等（2007）的方法测定成虫对山胡椒压碎果实粗提物的产卵反应。取一个两端开口圆形塑料盒（Φ=10 cm，h=12 cm）。将浸有山胡椒压碎果实粗提物的纱布（20 cm×20 cm）罩在塑料盒一端作处理，另一端为对照。将 20 头一日龄成虫（雌雄比为 1：1）放入塑料盒内测试成虫对粗提物的产卵反应。以 10%蜂蜜水为成虫提供营养。3 d 后清点纱布上的卵粒数，并计算产卵驱避率。4 次重复。

利用上述方法，分别测定山胡椒压碎果实不同浓度（0.25、0. 5、1. 0、2.00、4.00 gE/mL）的粗提物对雌成虫产卵选择性的影响。

1.3.4　山胡椒不同挥发物对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响　将 3 个干净的马铃薯块茎放到事先配制好的待测溶液中浸 10 s 作为处理，另外将 3 个大小和芽眼数与处理块茎相似的干净块茎放到对照溶液中浸 10 s 作为对照。待薯块晾干后（约 0.5 h），处理与对照以盆底中轴对称放置于圆形塑料盆（*d*=45.0 cm，*h*=15.0 cm）的边缘，以 40 目尼龙纱布封口。往盆中接入当日羽化的成虫 20 头（雌：雄=1：1），以 10%蜂蜜水为其提供营养，3 d 后分别统计处理和对照上的落卵量，并计算产卵驱避率。4 次重复。

利用上述方法，在室内饲养条件下，分别测定不同浓度（0.00075~0.012 g/L）的柠檬醛、芳香醇、香叶醇、α-水芹烯溶液对马铃薯块茎蛾雌蛾产卵选择的影响。

1.4　数据处理

产卵驱避率（%）=[（对照落卵量-处理落卵量）/（对照落卵量+处理落卵量）]×100；

采用 χ^2 检验（SPSS 16.0）分析处理落卵量与对照落卵量间的差异显著性，（$P<0.05$）。并采用邓肯氏新复极差法比较同种材料或药剂的不同重量或浓度间的产卵驱避率的差异显著性，（$P<0.05$）。

2 结果与分析

2.1 山胡椒不同材料的挥发物对马铃薯块茎蛾成虫产卵选择性的影响

从试验结果图 1 和表 2 可以看出，不同的山胡椒材料挥发物均有驱避马铃薯块茎蛾产卵的效果，但在效果上又有差异。由图 1（A）可知，完整的山胡椒果实在供试重量范围内，对照块茎上的落卵量均极显著的高于处理上的落卵量。由表 2 可知，在 1.25~20.0 g 的重量范围内随着重量的升高，产卵驱避效果逐渐增强。20.0 g 的产卵驱避率为 56.0%，显著高于 1.25 g 和 2.5 g 的产卵驱避率。

由图 1（B）可知，压碎的山胡椒果实在供试重量范围内，对照块茎上的落卵量均极显著的高于处理上的落卵量。由表 2 可知，在供试重量范围内随着重量的升高，产卵驱避效果逐渐增强。20.0 g 的产卵驱避率为 93.7%，显著高于 1.25、2.5、5.0 g 的产卵驱避率。并且随着重量的升高产卵量有下降趋势，说明压碎的山胡椒果实不仅驱避产卵还有抑制产卵的效果。

由图 1（C）可知，山胡椒根在 2.5 g~20.0 g 的重量范围内，对照块茎上的落卵量均极显著的高于处理上的落卵量。由表 2 可知，在 1.25~20.0 g 的重量范围内随着重量的升高，产卵驱避效果逐渐增强。20.0 g 和 10.0 g 的产卵驱避率分别为 54.3%和 42.3%，显著高于 1.25 g、2.5 g 的产卵驱避率。

从山胡椒不同材料对马铃薯块茎蛾的产卵驱避率（表 2）可知，相同重量的不同材料驱避产卵效果也有差异，压碎的山胡椒果实挥发物效果最好，完整的的山胡椒果实挥发物效果次之，根的挥发物的效果稍弱于完整的的山胡椒果实的。

2.2 模拟仓库内山胡椒压碎果实挥发物对马铃薯块茎蛾产卵选择性的影响

由模拟仓库内实验结果图 1（D）可知，10.0 g 压碎的山胡椒果实处理后，处理和对照薯块上的落卵量间无显著差异。20.0 g 压碎的山胡椒果实处理后，对照块茎上的落卵量极显著的高于处

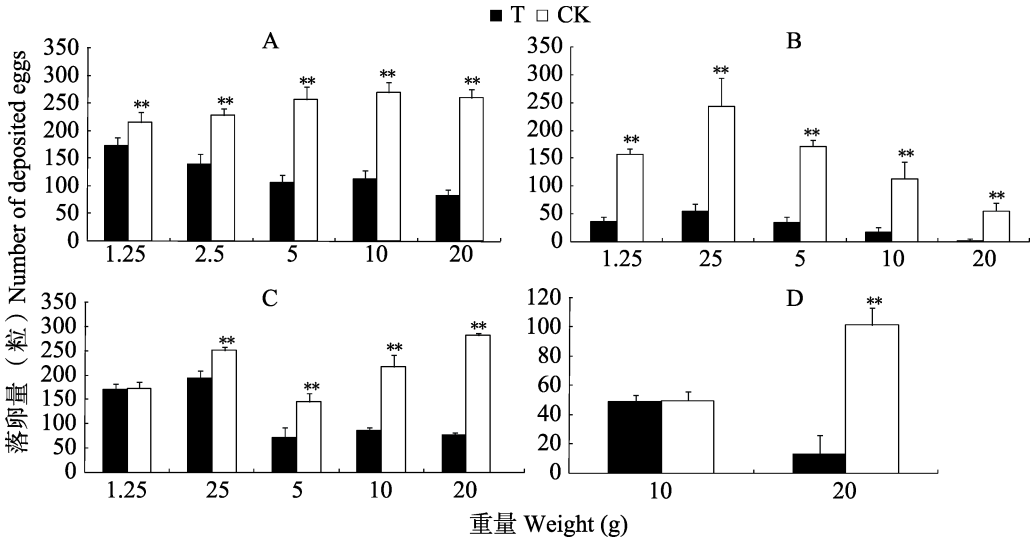

图 1 山胡椒不同材料的挥发物对马铃薯块茎蛾成虫产卵选择性的影响

Fig. 1 Effect of different material volatiles from *Lindera glauca* on oviposition preference for *Phthorimaea operculella*

T 为处理，CK 为对照。*表示经 χ^2 检验处理与对照间存在显著差异（$P < 0.05$），**表示经 χ^2 检验处理与对照间存在极显著差异（$P < 0.01$）。图 2，图 4 同。A: 完整果实；B: 压碎果实（室内试验）；C: 根 ；D: 压碎果实（仓库试验）。

T means treatment, CK means control. * indicates significant difference between treatment and control by χ^2 test at the level of 0.05 . ** indicates extremely significant difference between treatment and control by χ^2 test at the level of 0.01. The same as Fig. 2 and Fig. 4. A: Complete fruit; B: Breaked fruit (laboratory experiment); C: Root; D: Breaked fruit (storage experiment).

表 2　山胡椒不同材料挥发物对马铃薯块茎蛾产卵的驱避效果

Table 2　Oviposition deterring percentage of different material volatiles from *Lindera glauca* on *Phthorimaea operculella*

材料名称 Material	不同重量的产卵驱避率（%）Oviposition deterring percentages of different weight				
	1.25 g	2.5 g	5.0 g	10.0 g	20.0 g
完整果实 Complete fruit	11.0±1.5c	23.1±7.1bc	45.3±8.5ab	43.0±7.6ab	56.0±8.6a
压碎果实（室内试验）Breaked fruit (laboratory experiment)	62.7±5.6b	64.0±2.8b	67.3±`5.9b	79.3±10.3ab	93.7±6.3a
根 Root	1.3±1.3c	13.3±3.4bc	33.7±`8.6ab	42.3±7.3a	54.3±8.7a
压碎果实（仓库试验）Breaked fruit (storage experiment)				1.0±0.5b	82.5±15.5a

表中数据为平均数±标准误，同一行数据后标有不同英文字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 3 同。

Data in the table represent means±SE, and followed by different lowercase letters in the same line indicate significant difference at 0.05 levels. The same as Table 3.

理上的落卵量。由表 2 可知，20.0 g 的产卵驱避率为 82.5%，有显著的驱避效果。

2.3　山胡椒压碎果实粗提物对马铃薯块茎蛾成虫的产卵选择性的影响

由图 2 可知，山胡椒压碎的果实正己烷粗提物，在 0.5~4.0 gE/mL 的供试浓度范围内对照块茎上的落卵量均极显著的高于处理上的落卵量。由图 3 可知，随着供试浓度的升高，产卵驱避效果逐渐增强。4.0 gE/mL 的产卵驱避率显著高于其它 4 种浓度的产卵驱避率。表明压碎的山胡椒果实正己烷粗提物中含有驱避产卵的活性成分。

2.4　山胡椒不同挥发物对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 4（A）可知，柠檬醛处理块茎后，浓度范围为 0.00075~0.0015 g/L 处理的块茎上落卵量极显著高于对照上的落卵量。在 0.003~0.012 g/L 的浓度范围内，对照块茎上的落卵量均极显著高于处理上的落卵量，表明 0.00075~0.0015 g/L 的柠檬醛对马铃薯块茎蛾产卵有引诱效果，0.003~0.012 g/L 的柠檬醛对马铃薯块茎蛾产卵有驱避效果。表 3 结果显示，0.003~0.012 g/L 浓度范围内随着浓度升高产卵驱避效果增强，但产卵驱避率间无显著差异。

由图 4（B）可知，沉香醇处理块茎后，浓度

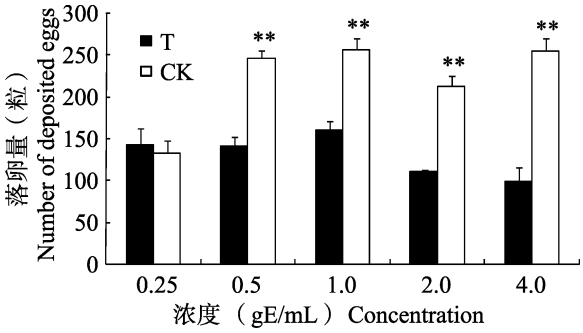

图 2　山胡椒压碎果实粗提物对马铃薯块茎蛾成虫的产卵选择性的影响

Fig. 2　The effect of extracts from breaked fruits of *Lindera glauca* on oviposition to *Phthorimaea operculella*

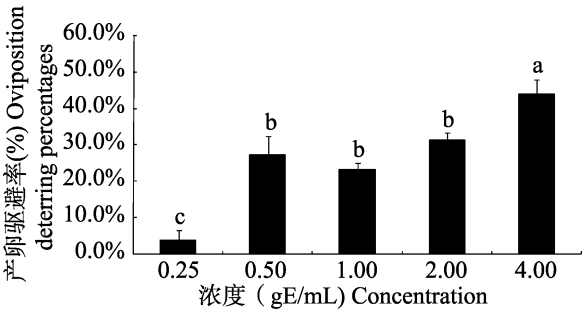

图 3　山胡椒压碎果实提取物对马铃薯块茎蛾成虫的产卵驱避率

Fig. 3　Oviposition deterring percentage of extracts from breaked fruits of *Lindera glauca* on *Phthorimaea operculella*

柱上标有不同英文字母表示不同产卵驱避率在 0.05 水平上差异显著。

Histograms with different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 levels between different ODPs.

范围为 0.00075~0.0015 g/L 处理的块茎上落卵量与对照上的落卵量间无显著差异。在 0.003~0.006 g/L 的浓度范围内，处理上的落卵量均极显著高于对照块茎上的落卵量，表明 0.003~0.006 g/L 的沉香醇对马铃薯块茎蛾产卵有引诱效果，0.012 g/L 时对照上的落卵量极显著高于处理块茎上的落卵量，对马铃薯块茎蛾产卵有驱避效果，表 3 结果显示，该浓度的产卵驱避率为 14.0%。

由图 4（C）可知，香叶醇处理块茎后，浓度范围为 0.00075~0.0015 g/L 对照的块茎上落卵量显著高于处理上的落卵量。在 0.003~0.012 g/L 的浓度范围内，处理上的落卵量均极显著高于对照块茎上的落卵量。表明 0.00075~0.012 g/L 的香叶醇均对马铃薯块茎蛾产卵有驱避效果。表 3 结果显示，随着浓度的升高，香叶醇对马铃薯块茎蛾产卵驱避率不断增强，但未达到显著差异水平。

由图 4（D）可知，α-水芹烯处理块茎后，浓度范围为 0.00075~0.0015 g/L 处理上落卵量均极显著高于对照的块茎上的落卵量。在 0.003~0.012 g/L 的浓度范围内，对照块茎上的落卵量均显著高于处理上的落卵量。表明 0.00075~0.0015 g/L 的α-水芹烯对马铃薯块茎蛾产卵有引诱效果，0.003~0.012 g/L 的α-水芹烯对马铃薯块茎蛾产卵有驱避效果。表 3 结果显示，0.003~0.012 g/L 的α-水芹烯随着浓度的升高，对马铃薯块茎蛾产卵驱避率不断增强，但未达到显著差异水平。

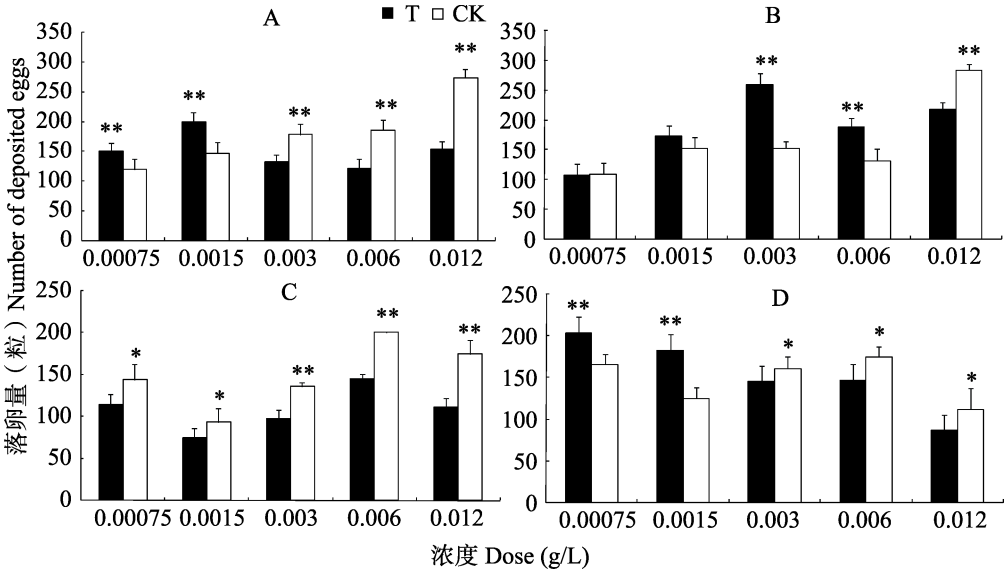

图 4　山胡椒不同挥发物对马铃薯块茎蛾产卵选择性的影响

Fig. 4　Effect of different volatiles of *Lindera glauca* on oviposition preference for *Phthorimaea operculella*

A：柠檬醛；B：沉香醇；C：香叶醇；D：α-水芹烯。

A: Citral; B: Linalool; C: Benzyl alcohol; D: α-phellandrene .

表 3　山胡椒不同挥发物对马铃薯块茎蛾产卵的驱避效果

Table 3　ODP of different volatiles of *Lindera glauca* on *Phthorimaea operculella*

样品名称 Compound	不同浓度溶液的产卵驱避率（%） Oviposition deterring percentages of different concentrations water solution				
	0.00075 g/L	0.0015 g/L	0.003 g/L	0.006 g/L	0.012 g/L
柠檬醛 Citral	－12.8±2.1b	－15.8±4.9b	18.0±4.4a	21.8±9.1a	25.8±6.2a
沉香醇 Linalool	1.0±0.5a	－6.0±2.5ab	－263.0±4.8b	－26.3±4.7b	14.0±2.6a
香叶醇 Gerani0l	11.0±2.0a	14.5±4.4a	17.9±6.6a	16.3±1.8a	21.7±7.7a
α-水芹烯 α-phellandrene	－19.0±8.6c	－24.7±11.7bc	3.7±1.0ab	8.3±3.8ab	13.7±2.0a

3　结论与讨论

本研究的结果表明：山胡椒的不同材料的挥发物均具有驱避马铃薯块茎蛾产卵的效果，这也与报道的用山胡椒驱虫一致（黄清臻等，1999）。室内试验表明，压碎的山胡椒果实驱避效果最好并且还有抑制产卵的效果，这可以作为一个防治措施应用到该虫仓储期的防治中。马铃薯块茎蛾不仅危害薯块，在马铃薯和烟草的生长期还危害叶片，那么压碎的山胡椒果实在田间的对该虫的防治效果如何应开展相关试验，以期为田间应用提供依据。同样是压碎的山胡椒果实在模拟仓库试验中效果不如实验室内的效果好，这可能受仓库空间、温度等条件影响所致。压碎的山胡椒在仓库内驱避马铃薯块茎蛾产卵的持效期需要进一步测定，以便为将来的应用提供参考依据。作者前期的研究表明：非寄主植物滇杨挥发物中的丁香酚、苯甲酸、苯甲醇、苯乙醇、2-羟基苯甲醛、β-紫罗兰酮、苯甲醛均具有产卵驱避效果（马艳粉等，2016）；并且印楝素、庚醛也有显著的产卵驱避效果（Ma and Xiao，2013）。本文的研究显示，柠檬醛、沉香醇、 香叶醇和α-水芹烯也均具备产卵驱避效果，那么这些产卵驱避成分进行混配能否对驱避效果有增效作用有待进一步研究。

利用香辛料植物在烟草害虫的生物防治上已经取得了非常好的效果，本研究只是测定了山胡椒对其产卵的驱避效果，那么其它多种香辛料对马铃薯块茎的产卵选择性的有何影响需要开展相应的试验，为该虫的绿色、生态友好型的防治奠定基础（安靖靖等，2009）。植物挥发性信息化合物在植食性昆虫与植物的长期协同进化中起着重要作用，寄主植物中含有昆虫取食和产卵的信息化合物，非寄主植物含有驱避取食和产卵的物质。桉叶醇存在于寄主植物烟草和茄子中；β-蒎烯存在于寄主植物番茄中；α-石竹烯存在于寄主植物番茄、马铃薯中；β-石竹烯存在于寄主植物番茄马铃薯中；柠檬烯存在于寄主植物烟草、番茄、茄子中，β-红没药烯和β-金合欢烯存在于寄主植物马铃薯中（马艳粉，2010）。α-石竹烯和 β-桉叶油醇也存在非寄主植物滇杨中（马艳粉和肖春，2015）。经测定，桉叶醇、β-蒎烯、α-石竹烯、β-石竹烯、柠檬烯均对该虫产卵有引诱效果（马艳粉等，2012 ；Ma and Xiao，2013）。番茄挥发物中含有 β-罗勒烯、石竹烯氧化物和 β-月桂烯，与山胡椒中的罗勒烯 、α-石竹烯氧化物和月桂烯的构型不同，马铃薯 β-榄香烯也与山胡椒中的榄香烯构型不同（马艳粉，2010；万顺康等，2012）。

利用引诱取食或产卵的成分和驱避的成分组成 Push-Pull（拒-引）组合在害虫的防治中取得了较好的效果（Shelton and Badenes-perez，2006；Ma and Xiao，2013）。将山胡椒果实或者柠檬醛等具有驱避效果的材料处理块茎作为 Push 处理，再用引诱其产卵的成分处理块茎作为 Pull 处理，这样形成的 Push-Pull 组合在马铃薯块茎蛾上效果如何需要开展系列研究，以期筛选出调控马铃薯块茎蛾产卵的最佳组合来防治该虫的危害。

参考文献 (References)

An JJ, Li WZ, Yuan GH, You LF, Luo MH, 2009. Selection responses of *Lasioderma serricorne* adults to 20 plant materials and their corresponding extracts. *Journal of Henan Agricultural University*, 43(2): 86–90. [安靖靖, 李为争, 原国辉, 游秀峰, 罗梅浩, 2009. 烟草甲对 20 种植物材料及其提取物的选择反应. 河南农业大学学报, 43(2): 86–90.]

Das PD, Raina R, Prasad AR, Sen A, 2007. Electroantennogram responses of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera; Gelichiidae) to plant volatiles. *Journal of Biosciences*, 32(2): 339–349.

Deng WX, Yang ZH, Yang ZJ, Wen BR, Chen B, 1989. Preliminary studies on the mode of action and effect of several kinds of plant materials in controlling pests in stored grain. *Grain Storage*, 18(2): 29–34. [邓望喜, 杨志慧, 杨长举, 文必然, 陈斌, 1989. 几种植物性物质防治储粮害虫的初步研究. 粮食储藏, 18(2): 29–34.]

Gui FR, Li ZY, 2003. A method for rearing the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* on potato. *Entomological Knowledge*, 40(2): 187–189. [桂富荣, 李正跃, 2003. 用马铃薯人工饲养马铃薯块茎蛾的方法. 昆虫知识, 40(2): 187–189.]

Hang QZ, Shao XX, Zhou GP, 1999. Application of natural perfume for pest control. *Journal of Medical Pest Control*, 15(12): 669–670. [黄清臻, 邵新玺, 周广平, 1999. 天然香料在防治害虫中的应用. 医学动物防制, 15(12): 669–670.]

Kang M, Ren JT, Su PJ, Hu CH, Xiao C, 2007. Oviposition deterring effect of crude extracts from three plants on *Phthorimaea operculella*. *Journal of Anhui Agi. Sci.*, 35(10): 2858–2859. [康敏, 任静涛, 苏鹏娟, 胡纯华, 肖春, 2007. 3 种植物提取物对马铃薯块茎蛾的产卵抑制作用. 安徽农业科学, 35(10): 2858–2859.]

Li XJ, Jin SP, Li ZY, 2005. The present status and developing tendency in *Phthorimaea operculella* research. *Journal of Qinghai Normal University* (*Natural Science*), (2): 67–70. [李秀军, 金秀萍, 李正跃. 马铃薯块茎蛾研究现状及进展, 2005. 青海师范大学学报(自然科学版), (2): 67–70.]

Lin HJ, Liu SP, Ouyang GC, Yang RP, Hang HW, Guo JJ, Xiong JJ, 2008. Oviposition deterrents of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalisto* non-host plant extracts. *Journal of Environmental Entomology*, 30(3): 224–228. [林海清, 刘少明, 欧阳革成, 杨悦屏, 黄灏维, 郭家骏, 熊锦君, 2008. 非寄主植物提取物对橘小实蝇的产卵拒避作用. 环境昆虫学报, 30(3): 224–228.]

Liu ZF, Yuan GH, Guo XR, Luo MH, Li WZ, Wu SY, 2009. Oviposition deterring effects of non-host plants and their extracts on *Pieris rapae*. *Journal of Henan Agricultural University*, 43(6): 652–655. [刘中芳, 原国辉, 郭线茹, 罗梅浩, 李为争, 吴少英, 2009. 非寄主植物及其提取物对菜粉蝶的产卵忌避作用. 河南农业大学学报, 43(6): 652–655.]

Ma YF, 2010. Reproductive biology and behavioral regulation of oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*. Doctoral dissertation. Kunming: Yunnan Agricultural University. [马艳粉, 2010. 马铃薯块茎蛾的生殖生物学及产卵行为调控研究. 博士学位论文. 昆明: 云南农业大学.]

Ma YF, Xu Y, Xiao C, 2012. Oviposition attraction effect of ten host-plant volatiles on potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*. *Chinese Journal of Biological Control*, 28(3): 448–452. [马艳粉, 胥勇, 肖春, 2012. 10 种寄主植物挥发物对马铃薯块茎蛾产卵的引诱作用. 中国生物防治学报, 28(3): 448–452.]

Ma YF, Xiao C, 2013. Push-pull effect of three plant secondary metabolites in oviposition manipulation against *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Journal of Insect Science*, 13: 128.

Ma YF, Xiao C, 2015. Identification of volatiles from wilted leaves of *Populus yunnanensis*. *Shandong Agricultural Sciences*, 47(12): 46–48. [马艳粉, 肖春, 2015. 滇杨萎蔫叶片挥发物成分分析. 山东农业科学, 47(12): 46–48.]

Ma YF, Zhang XM, Xu Yong, Xiao C, 2016. Effect of volatiles from *Populus yunnanensis* on oviposition preference of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*. *Plant Protection*, 42(2): 99–103. [马艳粉, 张晓梅, 胥勇, 肖春, 2016. 滇杨挥发物成分对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响. 植物保护, 42(2): 99–103.]

Shelton AM, Badenes-perez FR, 2006. Concepts and application of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 51: 285–308.

Sun HL, Wang JX, Gu XQ, Kang WY, 2011. Analysis of volatile compounds from leaves and fruits of *Lindera glauca*. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 17(7): 94–97. [孙慧玲, 王俊霞, 顾雪竹, 康文艺, 2011. 山胡椒叶及果实挥发性成分分析. 中国实验方剂学杂志, 17(7): 94–97.]

Wan SK, Dong GP, Zhang LS, 2012. Study on chemical compounds of essential oils from *Lindera glauca*. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 23(6): 1470–1471. [万顺康, 董光平, 张兰胜, 2012. 山胡椒挥发油化学成分的研究. 时珍国医国药, 23(6): 1470–1471.]

Xu HH, Zhao SH, 1993. Recent advances in the application of essential oils for the control of insect pests. *J. South China Agr. Univ.*, 14(4): 145–154. [徐汉虹, 赵善欢, 1993. 利用植物精油防治害虫的研究进展. 华南农业大学学报, 14(4): 145–154.]

Xu SY, 1993. Tobacco Pest Control. Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House Press. 202–209. [徐树云, 1993. 烟草害虫防治. 郑州: 河南科学技术出版社. 202–209.]

Yao K, Yang CJ, 1984. Using pheasant pepper seed oil for controlling the broad bean weevil *Bruchus Rufimanus*. *Acta Entomologica Sinica*, 27(2): 173–180. [姚康, 杨长举, 1984. 用山苍子芳香油防治蚕豆象. 昆虫学报, 27(2): 173–180.]

Zhang CF, Wang ZT, 2000. An advance in the study on the medicinal plant of *Lindera*. *Journal of Shenyang Pharmaceutical University*, 17(3): 230–234. [张朝凤, 王峥涛, 2000. 山胡椒属药用植物的研究进展. 沈阳药科大学学报, 17(3): 230–234.]

Zhou SL, Liu XW, Wu L, 2011. Study on processing of *Lindera Seasoning* oil. *Food and Fermentation Technology*, 47(1): 98–101. [周书来, 刘学文, 吴丽, 2011. 山胡椒调味油加工工艺研究. 食品与发酵工艺, 47(1): 98–101.]