

文章编号:1673-2383(2019)04-0089-06

网络出版网址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1378.N.20190813.1446.032.html

网络出版时间:2019-8-13 14:47:00

嗜虫书虱两种食物引诱剂的筛选 及实仓诱捕效果评价

鲁玉杰, 庞佳林, 王争艳, 张 蒙, 梅芝健

(河南工业大学 粮油食品学院, 河南粮食作物协同创新中心, 粮食储藏安全河南省协同创新中心,
河南 郑州 450001)

摘要:利用“Y”形嗅觉仪进行室内气味选择试验,测试了嗜虫书虱 *Liposcelis entomophila* 性成熟雄虫对 5 种已有报道的食物挥发性物质的选择性,明确了单一化合物对嗜虫书虱的引诱效果,为食物引诱剂的开发奠定了基础。对筛选的挥发性物质按照不同配方配制两种引诱剂,并在郑州市某成品粮库对两种引诱剂进行了实仓诱捕试验。结果表明,5 种挥发性物质对嗜虫书虱均有一定的引诱效果,不同浓度下引诱效果有显著差异($P<0.05$),不同浓度挥发物对嗜虫书虱的引诱作用存在剂量反应曲线,说明不同挥发性物质按照一定的比例并且在一定的浓度范围内对嗜虫书虱具有一定的引诱作用。实仓诱捕试验结果表明,两种引诱剂结合锥形诱捕器对嗜虫书虱的诱捕具有显著的效果,其中配方 1 的引诱效果显著高于配方 2($P<0.05$)。说明配方 1 可以作为储粮书虱的引诱剂进行开发和推广。利用两种引诱剂还可以对嗜虫书虱的发生进行监测和预测,同时还可以对嗜虫书虱在粮堆中可能发生的部位进行预测。

关键词:嗜虫书虱;“Y”形嗅觉仪;引诱剂

中图分类号:S475.1

文献标志码:B

0 引言

嗜虫书虱 *Liposcelis entomophila* 隶属于啮虫目书虱属 *Liposcelis*^[1], 在世界上广为分布。嗜虫书虱在短短 3 个月内就能引起 8.5% 小麦质量损失^[2], 书虱能取食粮食的胚及胚乳, 降低种子发芽率^[3], 可导致约 40% 的种子不发芽, 引起粮食腐坏。目前储粮书虱是储粮害虫中重要的经济害虫, 已经成为影响世界性食品安全的重要储粮害虫^[4]。研究表明嗜虫书虱对环境胁迫抵抗能力很强, 具有耐受磷化氢、气调和低温的能力^[5-6]。目前所用的防治措施不能有效地控制这一类害虫发生危害, 而且由于书虱繁殖速率高, 在化学药剂处理或者对其熏蒸后不久便能重新为害粮食作物。这种现象早

已引起了全世界储藏物工作者的高度重视^[4,7-10]。无论是采用谷物保护剂或者是磷化氢熏蒸或者气调, 最后留下的都是书虱, 尤其是嗜虫书虱^[11]。因此寻找一种新的储粮书虱的防治技术成为一件迫在眉睫的事情。

近年来, 越来越多的储粮工作者利用食物有效化学成分和昆虫信息素与诱捕器相结合对储粮害虫进行监测和生物防治^[12]。采用食物中的有效化学成分和昆虫信息素与诱捕器相结合对粮仓害虫进行监测, 根据诱捕器诱捕害虫数量的多少对害虫的发生时期、发生数量、分布的区域以及危害程度进行预测, 为划分防治区域进行局部熏蒸或选择其他防治方法提供依据, 对于提高储粮管理水平具有十分重要的意义^[13]。有研究表明, 碎麦与(4S, 5R)-Sitopinone 信息素结合使用时, 对米象和玉米象的引诱效果比单一使用的引诱效果好^[14]。因此, 进一步研究谷物中易挥发的化学组分对害虫的引诱机制, 对于推广昆虫信息素和食物引诱剂的联合应用具有重要意义。李兴奎等^[15]鉴定的嗜虫书虱几种食物挥发性物质及邵颖等^[16]、王文铎^[17]鉴定的嗜虫书虱性信息素主要成分类似物主要是油酸、

收稿日期:2019-02-15

基金项目:国家自然科学基金项目(31871975)

作者简介:鲁玉杰(1971—),女,河南南阳人,教授,主要从事昆虫化学生态学和分子生态研究。

亚油酸、香草醛等挥发性物质。本文在此基础上研究了亚油酸、油酸等 5 种挥发性物质对嗜虫书虱的引诱效果。按照不同的比例进行配比并制成食物引诱剂的诱芯,结合锥形诱捕器进行实仓诱捕效果研究,旨在开发一种高效的嗜虫书虱的引诱剂,为嗜虫书虱的综合防治提供参考。

1 材料和方法

1.1 试虫

试虫为嗜虫书虱(*Liposcelis entomophila*),试虫培养的相对湿度为 70%,温度为 30 ℃,饲料为全麦细粉、酵母、奶粉以质量比 10:1:1 混合。将试虫若虫期按照个体大小^[18]区分为雌雄,并按照性别隔离培养。

1.2 主要试剂与设备

二氯甲烷、山梨酸钾、丙酸钙:色谱纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;亚油酸:美国 Amresco 公司;油酸:分析纯,郑州派尼化学试剂厂;十六酸:分析纯,美国 SIGMA 公司;香草醛:分析纯,湖南湘中化学试剂厂;1-辛烯-3-醇:Alfa Aesar 有限公司(美国);多孔淀粉:重庆市福晨化学试剂厂。

所用的主要仪器有“Y”形嗅觉仪(图 1)、玻璃转子流量计、移液器等,主要设备有电热低温生化

培养箱、电热鼓风干燥箱、恒温水浴锅等。

1.3 试验方法

1.3.1 嗜虫书虱雄虫对气味选择的测定

采用“Y”形嗅觉仪测定嗜虫书虱性成熟雄虫对信息素主要成分类似物的嗅觉选择行为。选在 26 ℃、光照周期为 12D(黑暗):12 L(光照)的房间内进行。测试中,以嗅觉仪的一臂为实验组,味源瓶内以滤纸条为载体,滴加 20 μL 待测样品,另一臂则与空白味源瓶相连作为对照组。测试开始之前打开气泵通气 2 min,流量计控制流速 60 mL/min,待气流稳定后,从“Y”形嗅觉仪基管末端引入 1 头性成熟且尚未交配的嗜虫书虱雄虫,每次测试观察 10 min。判断作出选择的标准为爬过某一测试臂一半时并停留时间 60 s 以上视为对该气味源进行了选择^[9]。每 32 头试虫为一组,重复 5 次。每次测试 2 头试虫后用 95% 的酒精清洗管壁,每测试 8 头试虫后调换“Y”形嗅觉仪两臂方向。每组试验结束后使用体积分数为 95% 的酒精清洗装置,烘箱烘干以供下组试验使用。

供试气味样品为嗜虫书虱食物挥发性成分及嗜虫书虱性信息素主要成分类似物,分别为油酸、亚油酸、十六酸、香草醛、1-辛烯-3-醇,将化合物纯品配制成 0.1、1、10、100 mg/L 共 4 个质量浓度梯度供试。

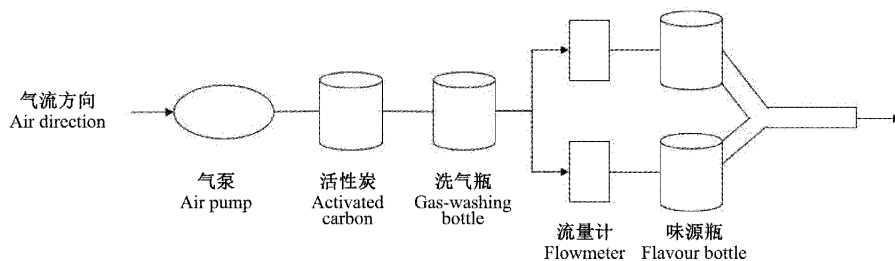


图 1 嗜虫书虱“Y”形嗅觉仪测定行为选择的试验装置

Fig.1 The experimental equipment of Y-type olfactometer for the *L. entomophila* behavior choice test

1.3.2 引诱剂的配制

根据室内的引诱效果,选用油酸、亚油酸、1-辛烯-3-醇、十六酸和香草醛进行引诱剂配方的设计,按照不同的比例配方设计出两种引诱剂命名为引诱剂 A 与引诱剂 B。引诱剂 A 为 75%亚油酸+10%油酸+10%1-辛烯-3-醇+3%十六酸+2%香草醛;引诱剂 B 为 75%亚油酸+15%油酸+5%1-辛烯-3-醇+3%十六酸+2%香草醛。取制备好的引诱剂添加到锥形瓶中使其与多孔淀粉混合,静置 5 min,锥形瓶放入超声波清洗器中处理 1 h,然后将 2 g 琼脂加入 100 mL 蒸馏水中,加热煮沸 5 min,冷却到 60 ℃备用。向经过超声波处理的混合液中

加入制备好的琼脂溶液,使淀粉溶液成黏糊状。将锥形瓶放入 60 ℃的水浴锅中,并匀速搅拌 30 min。把锥形瓶中的液体趁热倒入洁净的模具中,室温冷却 24 h 得到 2 种不同配方的自制诱芯。用多孔淀粉作为缓释剂。

1.3.3 实仓诱捕试验

实仓诱捕试验在河南省郑州市某粮库内进行,粮库内为包装的小麦仓,时间持续 2 个月,试验仓房温度为 22~24 ℃,相对湿度为 50%~60%,粮食水分 11.2%。根据室内的引诱效果,将两种不同的引诱剂放入锥形诱捕器中,塞入麻袋间隙,使诱捕器表面与堆垛表面平齐。诱捕器中不加引诱

剂的多孔淀粉胶块作为对照。在仓房内按照东、南、西、北、中 5 个区域中随机摆放 3 种诱捕装置 (图 2)。在同一区域的诱捕装置摆放的间距为 1 m。在周围 4 个诱捕区域摆放诱捕装置时,诱捕装置的摆放位置距离墙面 1 m。试验期间一周更换一次新的诱捕装置,并统计诱捕装置诱捕到的嗜虫书虱的数量^[20-22]。试验从 2018 年 8 月 9 日至 2018 年 9 月 20 日,每周更换一次诱捕器,更换时将诱芯取出,清除诱芯表面的嗜虫书虱和灰尘杂质后,继续放入待更换的锥形诱捕器中。

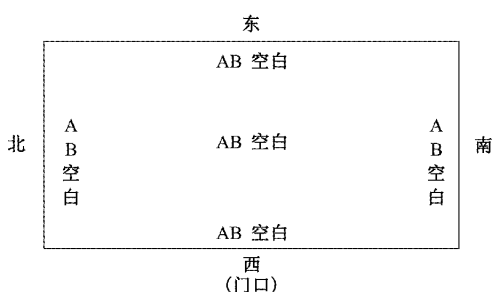


图 2 两种引诱剂及空白对照在平方仓内的分布示意图

Fig.2 Distribution of two kinds of attractants and blank control in the flat warehouse

1.4 数据处理

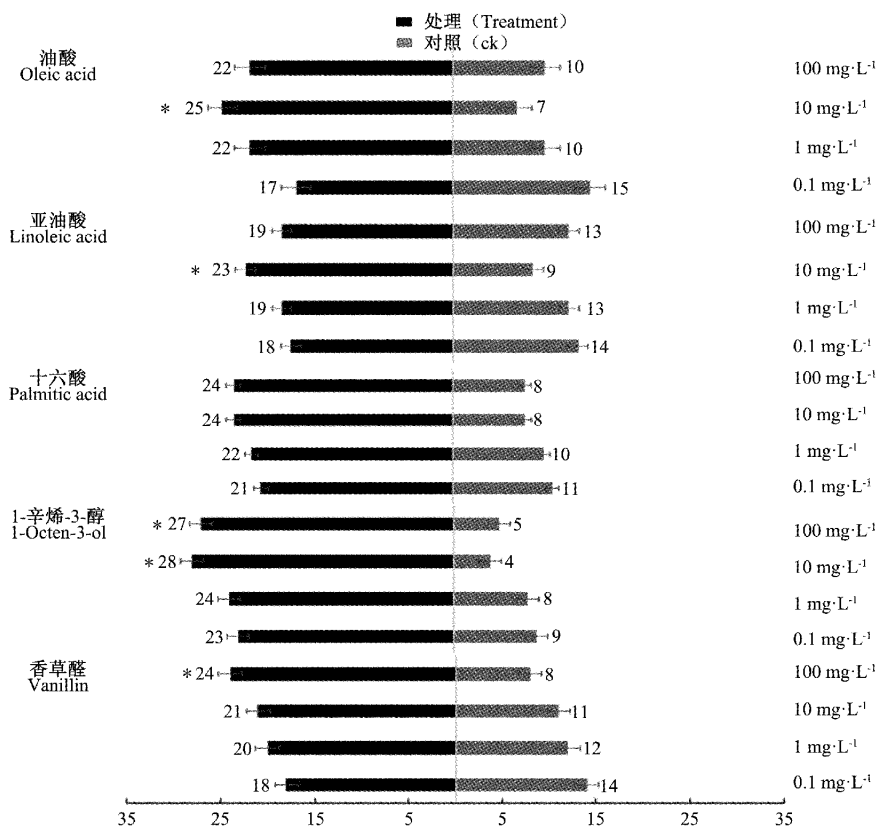
试验所得数据采用 Excel 进行整理,并使用 DPS 数据处理软件进行 Duncan 单因素或多因素方差分析及两组平均数 Student *t* 检验。

2 结果与分析

2.1 几种挥发性化合物对嗜虫书虱引诱效果评价

在 4 种不同质量浓度配比下 5 种食物挥发性物质对嗜虫书虱性成熟雄虫的引诱效果如图 3 所示,从图 3 可以看出,5 种引诱剂对试虫均有引诱效果,不同质量浓度下引诱效果有显著差异($P < 0.05$)。

同种挥发性化合物在不同质量浓度下对嗜虫书虱的引诱效果存在一定的差异,如香草醛在相对较高的质量浓度时表现出较好的引诱效果,在最低质量浓度时,引诱效果不明显;此外,不同挥发物对嗜虫书虱的作用质量浓度也不相同。油酸、亚油酸在 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时具有较好引诱效果,但十六酸、1-辛烯-3-醇在 4 个测试质量浓度下均对嗜虫书虱产生了引诱效果但只有合适的质量浓度下引诱效果最好。说明了不同挥发物对嗜虫书虱的引诱作用存在剂量反应的曲线。



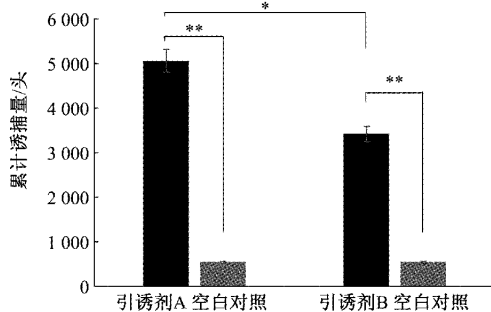
注: * 表示经卡方检验在 $P < 0.05$ 水平上差异显著, $n = 32$ 。

图 3 不同质量浓度下 5 种食物挥发性物质对嗜虫书虱雄虫的引诱效果

Fig.3 The effects of five volatile attractants on the male *L. entomophila* at different concentrations

2.2 两种引诱剂在实仓中的监测作用比较

两种引诱剂在实仓中对嗜虫书虱的诱捕结果如图 4 所示。从图 4 可以看出,引诱剂 A 与引诱剂 B 均表现出较好的引诱效果,但引诱剂 A 的嗜虫书虱诱捕量显著高于引诱剂 B。从两种引诱剂每周诱捕嗜虫书虱的总量的变化(图 5)可以看出,随着引诱时间的延长,两种引诱剂诱捕嗜虫书虱的数量均有增加,引诱剂 A 的引诱效果显著,并在第 5 周与第 6 周时诱捕量达到最高峰,随后效果有所减弱;引诱剂 B 在前 4 周的引诱效果不明显,在第 5 周和第 7 周引诱效果显著。



注:标准误差线上方的显著性差异基于 Student *t* 检验。*表示 $0.01 < P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$ 。

图 4 两种引诱剂累计诱捕嗜虫书虱总量

Fig.4 Accumulative amount of the *L. entomophila* trapped by two kinds of attractants

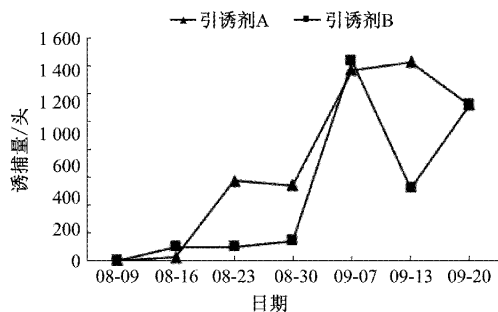


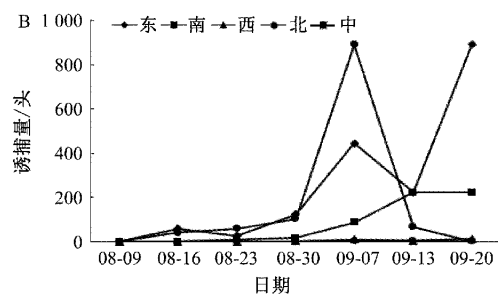
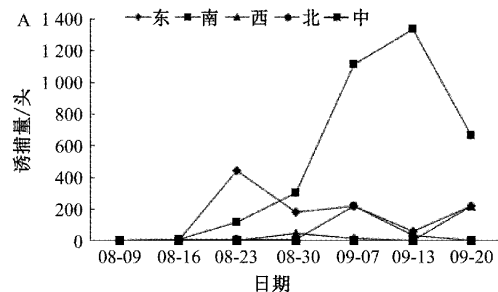
图 5 两种引诱剂随时间延长诱捕嗜虫书虱的数量变化

Fig.5 The number of the *L. entomophila* trapped by two attractants over time

2.3 两种引诱剂在仓库中对嗜虫书虱分布方位监测结果

由于仓库中不同方位的温度、湿度、空气流速以及光照强度等条件存在差异,使得储粮害虫的发生具有一定的方向性,因此对不同储粮害虫发生的方位进行监测可以使用药更加合理^[21-23]。试验中两种引诱剂在仓库中放置的位置略有不同,其诱捕的效果差异显著。

引诱剂 A 与引诱剂 B 在仓房内东、南、西、北、中 5 个不同方位的各自嗜虫书虱诱捕量见图 6。对比引诱剂 A 和引诱剂 B 的引诱结果,引诱剂 A 有着更好更稳定的引诱效果。诱捕期间 8 月 23 日—9 月 13 日,气温逐渐升高,仓房温度也有小幅升高,引诱剂 A 在仓房南部的诱捕数量随气温的升高而增加,而引诱剂 B 并未表现出明显的增加趋势。仓房内部南部温度往往高于仓房东部和北部,引诱剂 A 所检测到的害虫数量与这事实相符合,引诱剂 B 未能反映这一情况。综合图 6 可以看出,随着时间的推移,不同方位嗜虫书虱发生的趋势不同。说明了引诱剂不仅可以检测出嗜虫书虱发生的方位,还可以用来预测嗜虫书虱发生的高峰期。



注:图中 A 和 B 分别为引诱剂 A 和引诱剂 B 对 5 个方位嗜虫书虱诱捕量的监测结果。

图 6 两种引诱剂在粮库不同方位对嗜虫书虱诱捕量的比较

Fig.6 The number of the *L. entomophila* trapped by two attractants at different positions of warehouse

2.4 引诱剂在实仓中对嗜虫书虱的检测效果比较

利用加有引诱剂 A 的锥形诱捕器和传统的扦插取样方法对仓内嗜虫书虱的检测结果进行了比较,结果如图 7 所示。从图 7 可以看出,两种方法检测结果差异显著($P < 0.05$),引诱剂 A 诱捕到嗜虫书虱的数量比扦插取样的数量最高相差 60 多倍。结果表明,引诱剂 A 在粮库中对嗜虫书虱发生的检测效果比扦插取样的效果更加明显。说明了可以利用引诱剂 A 在粮仓内对书虱的发生进行快速地检测。

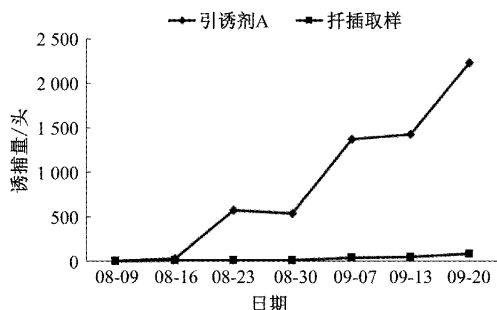


图7 锥形诱捕器与扦样法检测嗜虫书虱效果比较
Fig.7 Comparison of the effect of the cone-trap and sample method for detecting the *L. entomophila*

3 结论

首先通过“Y”形嗅觉仪进行室内气味选择试验,测试了嗜虫书虱性成熟雄虫对5种已有报道的食物挥发性物质的选择性。结果表明,5种挥发性化合物对嗜虫书虱均有引诱效果,并在不同质量浓度下引诱效果有显著差异。同时,明确了单一化合物对嗜虫书虱的引诱作用效果,为引诱剂的开发和后续实仓诱捕试验提供了基础数据。

利用食物挥发性物质与嗜虫书虱性信息素成分类似物混合制备的两种引诱剂进行实仓试验,对比了两种引诱剂的诱捕效果,筛选出了一种效果较好的引诱剂。同时通过实仓试验,验证了本试验筛选的引诱剂不仅可以对嗜虫书虱发生数量长期进行预测,同时还可以对嗜虫书虱在粮堆中可能发生的部位进行预测。对这些研究结果进一步深入研究,可以为磷化氢的合理熏蒸提供一定的指导,变“灾后治理”为防患于未然,更加有效地对储粮害虫的爆发进行提前防治,减少粮食的损失,同时还可以减少磷化氢熏蒸的次数,节约成本。

参考文献:

- [1] GOUGE D. Flight capacity of *Sitophilus zeamais* Motschulsky in relation to gender and temperature [J]. Southwestern Entomologist, 2016, 41(3): 667-674.
- [2] GAUTAM S, OPIT G, GILES K, et al. Weight loss and germination failure caused by psocids in different wheat varieties [J]. Journal of Economic Entomology, 2013, 106(1): 491-498.
- [3] ATHANASSIOU C G, KAVALLIERATOS N G, THRONE J E, et al. Competition among species of stored-product *Psocids* (Psocoptera) in stored grain [J]. PLoS One, 2014, 9(8): e102867.
- [4] NAYAK M K, COLLINS P J, THRONE J E, et al. Biology and management of *Psocids* infesting stored products [J]. Annual Review of Entomology, 2014, 59: 279-297.
- [5] 程伟霞, 王进军, 赵志模, 等. 嗜卷书虱和嗜虫书虱的研究进展 [J]. 粮食储藏, 2003, 32(6): 3-7.
- [6] 张永强, 丁伟, 赵志模, 等. 嗜卷书虱抗气性和抗药性品系呼吸代谢的比较 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2003, 25(5): 413-416.
- [7] NAYAK M K, COLLINS P J. Influence of concentration, temperature and humidity on the toxicity of phosphine to the strongly phosphine-resistant psocid *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae) [J]. Pest Management Science, 2008, 64(9): 971-976.
- [8] OPIT G P, THRONE J E, FLINN P W. Sampling plans for the psocids *Liposcelis entomophila* and *Liposcelis decolor* (Psocoptera: Liposcelididae) in steel bins containing wheat [J]. Journal of Economic Entomology, 2009, 102(4): 1714-1722.
- [9] YANG Q, KUCEROVA Z, LI Z, et al. Diagnosis of *Liposcelis entomophila* (Insecta: Psocodea: Liposcelididae) based on morphological characteristics and DNA barcodes [J]. Journal of Stored Products Research, 2012, 48(1): 120-125.
- [10] ZHAO Z H, CUI B Y, LI Z H, et al. The establishment of species-specific primers for the molecular identification of ten stored-product psocids based on ITS2 rDNA [J]. Science Report, 2016, 6: 21022.
- [11] 程伟霞, 王进军. 嗜卷书虱和嗜虫书虱抗性及其防治方法的研究概况 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(15): 6376-6379.
- [12] 李兴奎, 孙俊景, 鲁玉杰. 用食物中有效化学成分监控储粮害虫 [J]. 粮食流通技术, 2008(4): 21-25.
- [13] 李兴奎, 张新伟. 用昆虫信息素和食物有效化学成分监控储粮害虫 [J]. 粮食流通技术, 2013(4): 25-28.
- [14] LIKHAYO P W, HOGGES R J. Field monitoring *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) using refuge and flight traps baited with synthetic pheromone and cracked wheat [J]. Journal of Stored

- Products Research, 2000, 36(4):341-353.
- [15] 李兴奎,张新伟,鲁玉杰. 碎麦提取物与昆虫信息素混合对储粮害虫的引诱效果[J]. 河南农业科学, 2013, 42(12):90-93.
- [16] 邵颖,鲁玉杰,张峰,等. 嗜虫书虱交配规律的研究 [J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2004, 25(1):37-39.
- [17] 王文铎. 亚致死剂量磷化氢熏蒸对嗜虫书虱性信息素通讯系统的影响[D]. 郑州:河南工业大学, 2015.
- [18] PHILLIPS T W, JIANG X L, BURKHOLDER W E, et al. Behavioral responses to food volatiles by two species of stored-product coleoptera, *Sitophilus oryzae* (Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae)[J]. Journal of Chemical Ecology, 1993, 19(4):723-734.
- [19] 蒋娜娜,茆国锋,李婷,等. 黑肩绿盲蝽对水稻挥发物单一组分的嗅觉行为反应[J]. 生态环境学报, 2018, 27(2):262-267.
- [20] 鲁玉杰,李心田,王争艳,等. 多孔淀粉诱芯在书虱诱捕中的应用 [J]. 粮油加工(电子版), 2010(7):54-56.
- [21] 周刚,李心田,鲁玉杰,等. 新型高效引诱剂实仓诱捕储粮害虫效果研究 [J]. 粮食储藏, 2009, 38(5):8-11.
- [22] 李心田. 引诱多种储粮害虫的引诱剂配方的筛选和缓释技术研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2010.

Screening of Two Kinds of Food Attractants for the *Liposcelis Entomophila* and Evaluation of the Attractive Effect on the Psoids in Warehouse

LU Yujie, PANG Jialin, WANG Zhengyan, ZHANG Meng, MEI Zhijian

(School of Food Science and Technology, Collaborative Innovation Centre of Henan Grain Crops, Henan Collaborative Innovation Centre of Grain Storage and Security, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The selectivity of mature male *Liposcelis entomophila* on five reported food volatile components was tested out in laboratory with Y-type olfactometer. The attractiveness of a single compound on the *L. entomophila* was clarified, which provided a basis for the development of food attractants. At the same time, two kinds of lures made by specific components were tested in a warehouse in Zhengzhou. The results of odor selection test showed that all the five chemical components had attractant effects on the tested insects. There were significant differences in the attractant effects and different dose responses to the attractiveness of *L. entomophila* at different concentrations ($P < 0.05$). The results indicated that the *L. entomophila* could be attracted by a certain different volatile components according to different ratios within a certain concentration range. The results of trapping experiment in warehouse showed that the combination of two kinds of attractants and conical traps had significant trapping effect on the *L. entomophila*, which could be used to predict the occurrence time of the *L. entomophila*, and location of the *L. entomophila* in grain mass.

Key words: *Liposcelis entomophila*; Y-type olfactometer; attractants