

5 种杀虫剂对黑粪蚊的毒力及对平菇菌丝生长的影响

廖金英¹, 李 滢¹, 蔡立君¹, 金文松², 包 薇¹, 张绮佳¹, 王馨仪¹

¹福建农林大学植物保护学院, 福建 福州 350002; ²福建农林大学生命科学学院, 福建 福州 350002

摘要:【目的】黑粪蚊为食用菌生产中的危险害虫之一,通过杀虫剂的毒力测定和对平菇菌丝生长抑制试验,拟筛选获得理想的黑粪蚊防治杀虫剂。【方法】采用毒饵法测定了 5 种杀虫剂对黑粪蚊幼虫的室内毒力,并研究各杀虫剂对平菇菌丝生长的抑制情况。【结果】20%甲氰菊酯乳油、14%阿维·虫螨脍悬浮剂和 20%甲维·吡丙醚悬浮剂对黑粪蚊的校正死亡率达 80%以上,对黑粪蚊幼虫均有较好的杀灭效果,而苏云金杆菌(以色列亚种)悬浮剂对黑粪蚊幼虫的杀虫效果不理想。5 种杀虫剂对平菇菌丝生长均有一定抑制作用,且农药品种间存在极显著差异,20%甲氰菊酯乳油抑制率最高,高浓度 480 mg·L⁻¹处理的抑制率可达 16.85%,14%阿维·虫螨脍悬浮剂的抑制率最低,高浓度 140 mg·L⁻¹处理的抑制率仅为 5.83%。【结论】本研究中 14%阿维·虫螨脍悬浮剂用于平菇菌中黑粪蚊防治效果最好,研究结果将为食用菌黑粪蚊的药剂防治提供理论指导。

关键词: 食用菌; 杀虫剂; 黑粪蚊; 毒力;



开放科学标识码
(OSID 码)

The toxicity of five insecticides to *Scatopse* sp. and their effects on the mycelial growth of *Pleurotus ostreatus*

LIAO Jinying¹, LI Ying¹, CAI Lijun¹, JIN Wensong², BAO Wei¹, ZHANG Qijia¹, WANG Xinyi¹

¹College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou Fujian 350002, China;

²College of Life Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou Fujian 350002, China

Abstract:【Aim】*Scatopse* sp. is one of the dangerous pests hampering the production of edible fungi. In this study, the toxicity of insecticides and the inhibition of mycelial growth of *Pleurotus ostreatus* were tested to identify ideal insecticides for controlling *Scatopse* sp.【Method】The virulence of five insecticides to *Scatopse* sp. larvae was tested using baits, and the inhibition of *P. ostreatus* mycelial growth by the insecticides was studied.【Result】The adjusted mortality rates of fenprothrin 20% emulsifiable concentrates, ivermectin chlorfenacaronitrile 14% suspending concentrates, and emavil and pyriproxyfen 20% suspending concentrates were more than 80%. They have good toxic effects on *Scatopse* sp. larvae. However, the efficacy of *Bacillus thuringiensis* suspension against *Scatopse* sp. larvae was not satisfactory. The five insecticides inhibited the mycelial growth of *P. ostreatus*, and significant differences among the varieties were found. The inhibition rate of 20% cypermethrin emulsifiable concentrates was the highest (16.85%) at a concentration of 480 mg·L⁻¹, whereas that of 14% ivermectin chlorfenacaronitrile suspending concentrates was the lowest (5.83%) at 140 mg·L⁻¹.【Conclusion】In conclusion, 14% ivermectin chlorfenacaronitrile suspending concentrates has the best effect for controlling *Scatopse* sp in *P. ostreatus* among the tested. The results of this study provide important theoretical guidance for controlling *Scatopse* sp.

Key words: edible mushrooms; pesticide; *Scatopse* sp.; toxicity

食用菌是药用、食用价值都颇高的农产品,受到虫灾时的损失颇大(罗俊等,2019)。一旦食用菌房中没有做好相应的害虫预防措施,导致害虫在菌房中繁殖,其数量将会以 R 型曲线规律极快繁殖

(Zhang *et al.*,2016)。国内食用菌生产对各类虫害防治仍以预防为主、治理为辅。食用菌的虫害类型较多,其中以双翅目害虫对食用菌的危害最大,双翅目幼虫通常蛀食菌丝,造成菌袋腐烂发黑、菌丝

收稿日期(Received): 2022-07-05 接受日期(Accepted): 2022-09-17

基金项目:福建省科技厅对外产业化合作项目(2020H1008)

作者简介:廖金英,女,讲师,博士。研究方向:药物分析、农药毒理、农药残留

*通信作者(Author for correspondence),廖金英, E-mail: liao9721023@sina.com

衰退、有孔洞等,严重阻碍食用菌生产产业的发展(陈龙佳,2014)。食用菌因为生长周期较短,子实体未得到有效的保护,且为了防止害虫的入侵,需频繁、大量地使用化学杀虫剂,菌丝由此受到严重危害,如子实体畸形、菌丝无法生长等。另外,杀虫剂残留量超过标准限度也是比较严重的问题。因此,必须要谨慎选取低毒、高效、低残留的化学杀虫剂(孙立娟,2008)。目前,国内已登记的可用于食用菌生产的农药仅 13 种(秦文韬等,2020),

目前,我国的食用菌栽培仍以个体散户为主,在生产栽培过程中仅靠农业防治难以控制虫源的侵入,多数菇农仍会定期于菇场周边喷洒杀虫剂以防止黑粪蚊 *Scatopse* sp. 在内的各种虫害暴发(魏鹏,2010)。黑粪蚊在我国全年均可受害(包雪冰和陈家翔,2020),幼虫大量取食食用菌且伤害植质。黑粪蚊一旦暴发将难以控制,若使用化学药剂无法及时杀灭,其重叠多代后容易产生抗性。由于食用菌对许多杀虫剂极为敏感,药害现象也时有发生(李红玉等,2015;刘天学等,2003;陆晓民等,1998;汪钟信和罗才红,1994;王元兴,2000)。鉴于此,笔者选用 5 种杀虫剂,研究其对黑粪蚊的毒力和对平菇 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm 菌丝生长的影响,以期对国内食用菌的栽培和黑粪蚊的治理提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

黑粪蚊采集自福建省罗源县秀珍菇 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél 菇房,使用山药 *Dioscorea opposita* Thunb. 代替菌料,参考王梓清等(2008)的方法室内饲养试验用黑粪蚊幼虫。

1.2 供试药剂

20%甲氰菊酯乳油(浙江威尔达化工有限公司),20%甲维·吡丙醚悬浮剂(上海生农生化制品股份有限公司),14%阿维·虫螨腈悬浮剂(河北成悦化工有限公司),5%高氯·甲维盐微乳剂(河北博嘉农业有限公司),苏云金芽孢杆菌悬浮剂(山东鲁抗生物农药有限责任公司,有效成分浓度为 8000 IU· μL^{-1})。

1.3 室内毒力测定方法

采用毒饵法,用纯水将各杀虫剂分别配成 6 个浓度系列。选取新鲜的山药,切成直径 3 cm、厚 3~5 mm 的薄片,置于塑料盒(体积 35 mL,高×宽为 31

mm×59 mm)中,每盒放置一片,按浓度从低到高用移液器吸取各浓度药液均匀滴加在山药表面,每面滴加 200 μL ,以滴加纯水为对照,每个处理 3 次重复。将滴加了杀虫剂的山药晾晒 1~2 h,挑取 15 头 3~4 龄黑粪蚊幼虫放置于山药上,然后置于人工气候箱(25±1)℃下培养,5 d 后观察试虫死亡情况,用毛笔轻触幼虫,并在显微镜下观察 20 s,若无任何反应则视为死亡。

1.4 数据处理

参考刘霞等(2009)的方法,使用 Excel 2016 和 SPSS 19.0 软件计算毒力回归方程、半致死浓度(LC₅₀)、相关系数 r 和 LC₅₀ 的 95% 置信区间,并以校正死亡率值为纵坐标,以供试杀虫剂的浓度对数为横坐标作出毒力回归曲线图。

校正死亡率/% = [(平均死亡率 - 对照死亡率) / (100 - 对照死亡率)] × 100

1.5 杀虫剂对平菇菌丝生长的影响

将平菇菌种转接到 PDA 培养基上,放入 23~25℃、相对湿度 50%~80% 的生化培养箱中培养,待菌丝长满平皿,备用。将已毒力测定的各农药选择高、中、低 3 个浓度配制药剂,取各供试药剂 10 mL,加入 190 mL 消毒灭菌的培养基中,摇匀后倒入直径 9 cm 的培养皿中,每皿 15 mL,冷却、凝固。每处理重复 10 次,以加等量无菌水的为空白对照。用内径 6 mm 打孔器取生长均匀的菌块,接到培养皿中部,菌丝面接触培养基,置生化培养箱中 23~25℃、相对湿度 50%~80% 培养。每天观察一次菌丝生长状况。以 7 d 后的菌丝生长量评价杀虫剂对菌丝生长的影响。

菌丝抑制率/% = [(对照菌丝生长量 - 处理菌丝生长量) / 对照菌丝生长量] × 100

2 结果与分析

2.1 杀虫剂对黑粪蚊的毒力

黑粪蚊幼虫经各杀虫剂 6 个不同浓度梯度饲喂处理 5 d 后,根据黑粪蚊的存活情况,并对试验数据统计分析,得到 20%甲氰菊酯乳油、14%阿维·虫螨腈悬浮剂、20%甲维·吡丙醚悬浮剂、5%高氯·甲维盐微乳剂等 4 种杀虫剂对黑粪蚊幼虫的毒力测定结果(表 1),并制作出 4 种杀虫剂对黑粪蚊幼虫的毒力回归曲线(图 1)。从表 1 和图 1 可知,20%甲氰菊酯乳油、14%阿维·虫螨腈悬浮剂、20%甲维·吡丙醚悬浮剂和 5%高氯·甲维盐微乳剂对

黑粪蚊幼虫的 LC_{50} 分别为 221.14、9.80、970.91 和 1753.50 $mg \cdot L^{-1}$ 。其中,20%甲氰菊酯乳油、14%阿维·虫螨脲悬浮剂、20%甲维·吡丙醚悬浮剂较高浓度对黑粪蚊的校正死亡率达 80%以上,表明这 3 种杀虫剂对黑粪蚊幼虫杀虫效果较好,5%高氯·甲维盐微乳剂防效较差,最高浓度达 3200 $mg \cdot L^{-1}$ 时,校正死亡率只达到 61.5%。由此可知,黑粪蚊幼虫对 20%甲氰菊酯乳油的浓度变化较为敏感。

由表 2 可以看出,苏云金杆菌(以色列亚种)悬浮液在 40~1280 $IU \cdot \mu L^{-1}$ 试验浓度范围内对黑粪蚊幼虫的防治效果较差,在最高浓度 1280 $IU \cdot \mu L^{-1}$ 时,校正死亡率也只达到 35.55%,且各不同浓度的杀虫效果差异不显著。该结果表明,苏云金杆菌(以色列亚种)悬浮液在 40~1280 $IU \cdot \mu L^{-1}$ 试验浓度范围内对黑粪蚊幼虫无明显杀灭作用。

表 1 4种杀虫剂对黑粪蚊幼虫的毒力
Table 1 Virulences of four insecticides against *Scatopse* sp.

农药 Insecticides	毒力回归方程 Toxic regression	致死中浓度(95%置信区间) LC_{50} (95% confidence interval) /($mg \cdot L^{-1}$)
20%甲氰菊酯乳油 20% fenpermethrin EC	$y = 4.2671x - 5.0048 \quad r = 0.9512$	221.14 (182.15~268.48)
14%阿维·虫螨脲悬浮剂 14% avermectin chlorfenacaronitrile SC	$y = 4.1029 + 0.9050x \quad r = 0.9500$	9.80 (6.04~15.90)
20%甲维·吡丙醚悬浮剂 20% emavil and pyreproxyfen SC	$y = 0.8034 + 1.4049x \quad r = 0.9632$	970.91 (700.43~1345.85)
5%高氯·甲维盐微乳剂 5% hyperchlorine-emavil ME	$y = 2.0319 + 0.9150x \quad r = 0.9841$	1753.50 (1312.81~2342.13)

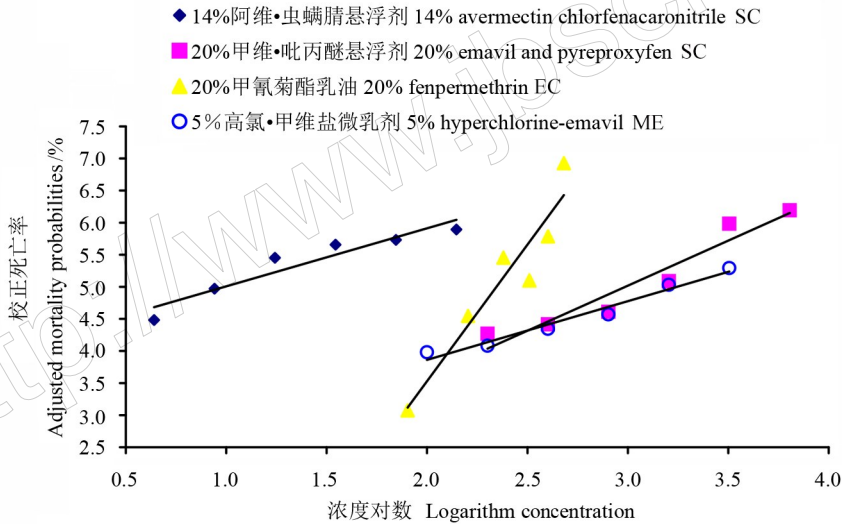


图 1 4种杀虫剂对黑粪蚊毒力回归曲线

Fig.1 Regression curves of virulence of four insecticides against *Scatopse* sp.

表 2 苏云金芽孢杆菌悬浮剂对黑粪蚊的毒力

Table 2 Virulence of the suspensions of *Bt* (subspecies Israel) against *Scatopse* sp.

稀释倍数 Dilution multiple /times	浓度 Concentration /($IU \cdot \mu L^{-1}$)	校正死亡率 Adjusted mortality /%
200.00	40	24.45
100.00	80	20.00
50.00	160	22.22
25.00	320	31.11
12.50	640	28.89
6.25	1280	35.55

2.2 杀虫剂对食用菌菌丝生长的影响

研究结果显示,供试杀虫剂对平菇的菌丝生长的抑制率差异较大。多数杀虫剂对菌丝的抑制率随使用浓度增大而增强(表 3)。14%阿维·虫螨脲对平菇菌丝生长抑制不明显,在最低浓度 4.375 $mg \cdot L^{-1}$ 作用下,抑制作用微弱,平均抑制率仅为 3.62%。即使在最高浓度 140 $mg \cdot L^{-1}$ 时,平均抑制率也仅达到 5.83%;而 20%甲氰菊酯乳油和 20%甲维·吡丙醚悬浮剂对菇菌丝生长抑制较明显,尤其是在高浓度作用下,平均抑制率分别达到 16.85% 和 14.32%。

表 3 5 种杀虫剂对平菇菌丝生长的抑制作用
Table 3 Inhibition of hyphal growth of *P. ostreatus* by five insecticides

杀虫剂 Insecticides	浓度 Concentration	抑制率 Inhibition ratio/%
20% 甲氰菊酯乳油 20% fenpermethrin EC	80 mg · L ⁻¹	14.87bcB
	320 mg · L ⁻¹	15.51bB
	480 mg · L ⁻¹	16.85aA
14% 阿维 · 虫螨脍悬浮剂 14% avermectin chlorfenacaronitrile SC	4.375 mg · L ⁻¹	3.62 hH
	35 mg · L ⁻¹	5.01gFG
	140 mg · L ⁻¹	5.83gEF
20% 甲维 · 吡丙醚悬浮剂 20% emavil and pyreproxifen SC	200 mg · L ⁻¹	11.83dC
	1600 mg · L ⁻¹	11.86 dC
	6400 mg · L ⁻¹	14.32cB
5% 高氯 · 甲维盐微乳剂 5% hyperchlorine-emavil ME	100 mg · L ⁻¹	3.79hGH
	800 mg · L ⁻¹	5.65gF
	3200 mg · L ⁻¹	6.92fE
苏云金杆菌(以色列亚种)悬浮剂 <i>Bt</i> (subspecies Israel) SC	80 IU · μL ⁻¹	10.10eD
	320 IU · μL ⁻¹	10.62eCD
	1280 IU · μL ⁻¹	10.72eCD

小写字母代表 5% 显著水平,大写字母代表 1% 极显著水平。

Lowercase letters represent the 5% significance level, uppercase letters represent the 1% extremely significance level.

3 讨论与小结

本研究测定了 5 种杀虫剂对黑粪蚊幼虫的毒力,结果表明,对黑粪蚊的 LC₅₀ 值为 14% 阿维 · 虫螨脍悬浮剂 < 20% 甲氰菊酯乳油 < 20% 甲维 · 吡丙醚悬浮剂 < 5% 高氯 · 甲维盐微乳剂。14% 阿维 · 虫螨脍悬浮剂、20% 甲氰菊酯乳油和 20% 甲维 · 吡丙醚悬浮剂对黑粪蚊的防效较好,校正死亡率都达 80% 以上。测定了 5 种杀虫剂对平菇菌丝的生长抑制率,发现 5 种杀虫剂对菌丝皆有一定抑制作用,不同农药品种和使用浓度与抑制率存在相关性。本研究中,甲维盐的复配制剂 20% 甲维 · 吡丙醚悬浮剂和 5% 高氯 · 甲维盐微乳剂对黑粪蚊的 LC₅₀ 值均较高,分别为 970.91 和 1753.50 mg · L⁻¹。而 Park *et al.* (2006) 研究发现,2.5% 甲维盐乳油对厉眼蕈蚊 *Lycoriella pleuroti* Yang et Zhang 的 LD₅₀ 为 59.5197 mg · L⁻¹,二者差异较大,可能与厉眼蕈蚊和黑粪蚊品种差异有关。

20% 甲氰菊酯乳油对黑粪蚊的毒力也较强,最大校正死亡率达 97.30%,但对平菇菌丝生长有较大影响,平均抑制率达 16.85%。韩文贺(2016)研究发现,高效氯氰菊酯 1000 和 1500 倍对秀珍菇虫害黑粪蚊防治效果,防效超过 80%,并且对秀珍菇子实体生长无不良影响。陆晓民等(1998)研究认为,4.5% 高效氯氰菊酯 EC 对平菇菌丝生长影响较小。李怡萍等(2009)也发现,4.5% 高效氯氰菊酯对黑粪蚊成、幼虫防治效果良好,使用后对平菇菌

丝生长的影响较小,且使用 5 d 后均未检测到残留。而高效氯氰菊酯烟剂,其残留低、毒性小,非常适用于食用菌中的害虫防治(高会东,2003),可见菊酯类农药对黑粪蚊的防治具有重要实践意义,但还需关注不同菊酯种类对食用菌生长的影响。

本研究中苏云金杆菌悬浮剂对黑粪蚊的杀虫效果不理想。Keil *et al.* (1991) 用苏云金芽孢杆菌防治食用菌中的蝇蚊类害虫,效果较好。近年来,我国有关研究人员也对苏云金芽孢杆菌对食用菌中害虫的室内毒力和防治效果等方面进行了研究,各研究证明,苏云金芽孢杆菌对食用菌中害虫具有较强的活性,可用于食用菌中害虫的防治(马林等,2015; 师迎春等,2014; 宋金佛等,2011)。本试验用的苏云金杆菌悬浮剂为以色列亚种制剂,其主要防治对象为黑斑蚊、疟蚊、库蚊、莫氏蓝带蚊、麦蝇蚊、曼蚊、黑蚊以及蚋科黑蝇等,可能由于黑粪蚊与这些防治对象的种类差异,所以防效不够理想。今后可尝试多种苏云金杆菌杀虫剂,探寻对黑粪蚊具有较好杀虫效果的苏云金杆菌种类。

14% 阿维 · 虫螨脍悬浮剂在本试验中展现出较为理想的灭虫效果,并且通过对平菇菌丝抑制试验发现,14% 阿维 · 虫螨脍悬浮剂对平菇菌丝生长的抑制作用很微弱。有研究表明,阿维菌素和虫螨脍是目前杀虫剂中田间使用量极低的 2 类超高效杀虫剂(Bloom & Matheson,1993)。虫螨脍属仿生农药,毒性低,作用机理独特,无交互抗性,特别

对有机磷、氨基甲酸酯、几丁质合成抑制剂、菊酯类杀虫剂产生抗性的害虫有很好的防效,且由于其用量极低,对环境敏感、生长期短的食用菌施用较为理想。

本次试验仅针对5种杀虫剂对黑粪蚊的毒力和菌丝生长影响展开研究,要深入探究可否投入使用于我国食用菌产业的实际生产种植当中,仍需要进一步考察5种杀虫剂对食用菌子实体生长的影响和在各类食用菌上的残留情况,结合黑粪蚊世代重叠产生的抗性调查以及进一步的田间试验进行综合评价。

参考文献

- 包雪冰,陈家翔,2020.北海地区食用菌主要害虫的消长规律.南方园艺,31(1):12-13.
- 陈龙佳,2014.褐色克粪蚊信息素的组分鉴定及菇房诱集效果研究.硕士学位论文.武汉:华中农业大学.
- 高会东,2003.农药烟剂防治平菇害虫药效实验.天津农学院学报,10(1):30-32.
- 韩文贺,2016.4种农药对秀珍菇虫害防治及产品安全性影响的研究.食用菌,38(4):48-50.
- 李红玉,李蝶,邵凡旭,李子玲,刘斌,2015.四种农药对平菇菌丝和子实体性状的影响.北方园艺(16):134-139.
- 李怡萍,孙立娟,刘亚娟,胡煜,仵均祥,2009.八种杀虫剂对黑粪蚊的防治效果及残留分析.植物保护学报,36(3):261-267.
- 刘天学,闻杰,王红星,2003.10%吡虫啉WP防治平菇害虫研究.周口师范学院学报,20(2):36-37.
- 刘霞,路永贵,闫当萍,2009.EXCEL在农药毒力测定中的应用.中国农学通报,25(19):206-208.
- 陆晓民,徐宏雄,李正鹏,1998.高效氯氰菊酯在平菇生产上的应用.食用菌,20(5):40.
- 罗峻,刘广纯,张娇,2019.我国西南地区主要食用菌害虫种类调查.安徽农业科学,47(5):135-137,143.
- 马林,曲绍轩,林金盛,宋金佛,李辉平,侯立娟,蒋宁,2015.食用菌迟眼蕈蚊生防菌苏云金芽孢杆菌的筛选及毒力测定.食用菌,37(6):53-55.
- 秦文韬,王守现,荣成博,宋忠娟,刘宇,2020.我国食用菌病害发生与防控概况.中国食用菌,39(12):1-7.
- 师迎春,杨秀芬,张涛,胡彬,丁守付,戴宇婷,2014.苏云金芽孢杆菌制剂对双孢蘑菇栽培房眼蕈蚊的控制作用.食用菌学报,21(4):76-80.
- 宋金佛,曲绍轩,杨怀文,马林,2011.Bt菌液对古田山多菌蚊室内毒力测试及药效研究.食用菌,33(2):50-51.
- 孙立娟,2008.食用菌害虫种类调查及防治技术研究.硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学.
- 汪钟信,罗才红,1994.15种药剂对平菇菌丝生长的影响.湖北农业科学(6):43-44.
- 王元兴,2000.绿色功夫和锐劲特对食用菌害虫的防治效果测定.华东昆虫学报,9(2):102-106.
- 王梓清,罗佳,王伯明,王霞蔚,范青海,2008.厉眼蕈蚊简易大量饲养方法.中国食用菌,27(5):52-53.
- 魏鹏,2010.食用菌病虫害防治技术(五).农村科技(12):53-55.
- BLOOM R A, MATHESON J C III,1993. Environmental assessment of avermectin by the US food and drug administration. *Vet Parasitid*, 48(1/2/3/4):281-294.
- PARK I K, KIM L S, CHOI I H, LEE Y S, SHIN S C, 2006. Fumigant activity of plant essential oils and components from *Schizonepeta tenuifolia* against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). *Journal of Economic Entomology*, 99(5):1717-1721.
- KEIL C B, 1991. Field and laboratory evaluation of a *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* formulation for control of fly pests of mushroom. *Journal of Economic Entomology*, 84(4):1180-1188.
- ZHANG Z L, LI X L, CHEN L Z, WANG L H, LEI C L, 2016. Morphology, distribution and abundance of antennal sensilla of the oyster mushroom fly, *Coboldia fuscipes* (Meigen) (Diptera: Scatopsidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 60(6):8-14.

(责任编辑:郭莹)