

一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用研究

杨瑶君, 刘超, 汪淑芳, 邓丽, 罗耀, 刘敏, 罗慧

(乐山师范学院化学与生命科学学院 四川乐山 614004)

摘要 : 生态诱捕竹林主要害虫是当前研究的难点。本研究用长形竹条和可降解的聚乙烯光滑细线编织成圆柱体虫网诱捕器, 以竹笋为引诱剂, 研究了不同孔径的虫网对不同大小的长足大竹象成虫的捕获效果, 分析了虫网诱捕器捕获成虫的主要部位及该部位的超微结构, 在此基础上, 探索了成虫足的作用力特点及其与虫网的互作机制。研究表明 (1) 在一定范围内, 诱捕率 Y 与虫网边长 X_1 极显著相关, 并受中足长度 X_2 的影响, 三者间的回归方程为 $Y = -30.551 + 13.945X_1 + 7.825X_2$ ($X_1 \in [2, 4.5]$ 、 $X_2 \in [2.5, 2.9]$)。 (2) 虫网诱捕器主要捕捉成虫的主要部位是前、中、后足的转节和腿节。 (3) 足与虫网的互作主要是机械作用, 诱捕器对长足大竹象的捕获主要是虫网与足间的机械作用的结果。虫网诱捕器制作简便, 成本低, 无毒无污染, 是捕获长足大竹象的有效工具。本研究结果为竹林害虫生态防治提供了重要理论依据。

关键词: 虫网诱捕器; 长足大竹象; 诱捕率方程; 足超微结构; 互作机制

A new type of insect trap and its trapping effect on *Cyrtotrachelus buqueti*

YANG Yao-Jun, LIU Chao, WANG Shu-Fang, DENG Li, LUO Yao, LIU Min, LUO Hui

(Chemistry and Bioscience College, Leshan Normal University, Leshan, Sichuan 614004, China)

Abstract: The ecological trap of bamboo pests was the difficulty of current study. In the study, a new type of cylindrical insect traps was produced with long-shaped bamboo and smooth and thin polyethylene, and its trapping effect on different size *C. buqueti* was carried out with bamboo shoot taken as attractant. On the basic of analyzing trapped parts on imago and its ultrastructure, the force characteristics of imago foote and the force mechanisms between the imago foote and insect net were analyzed. The results suggested that: (1) to some extent, trapping rate(Y) on *C.*

buqueti was significantly related to mesh side length(X_1), and impacted by midleg length(X_2), and followed the equation of $Y=-30.551+13.945X_1+7.825X_2(X_1 \in [2,4.5], X_2 \in [2.5,2.9])$. (2) The trapped main parts of imago by insect traps were trochanter and femur of foreleg and midleg and hindleg. (3) The interaction between imago feet and insect net was mainly mechanical force, and the capture of insect trap on *C. buqueti* resulted from the mechanical force. The insect net trap with the traits of easy production and low cost and harmless was an effective capture tool to *C. buqueti*. As a result, this result provided an important theory basis for ecological control of bamboo pest.

Keywords: Insect net traps; *Cyrtotrachelus buqueti*; trapping rate equation; insect feet ultrastructure; interaction mechanism.

长足大竹象是竹林的主要害虫，是限制竹林产量提高的主要因素。另一方面，因木材砍伐受限及造纸业、竹地板等竹产业的迅速发展，竹材料严重不足，防治长足大竹象危害提高竹材产量是当前的重要课题。

由于竹林绝大多数分布于山区，交通不畅，水源缺乏，即使喷施化学、生物药物治虫，也受到交通、水源及劳动力成本等因素的严重制约，不仅防治成本高，很多地区根本就难以开展防治工作。寻求成本低、简便易行的措施对长足大竹象进行有效防治是人们多年的梦想。本课题组在长足大竹象的研究实践中发现，较大孔径（网孔边长3-4 cm）无任何粘合剂的光滑虫网能将长足大竹象成虫牢牢地捕获，而密实、小孔径（边长小于2 cm）的虫网却很少能捕捉住该虫，即使是多层小孔径虫网也如是如此。这种与常理相悖的特异现象提示是否虫网与长足大竹象成虫之间存在某种作用力，这种作用力使得昆虫被虫网牢牢地被捕获。

在长足大竹象的研究方面，王维德等研究了长足大竹象的繁殖行为并对沐川县竹林主要害虫进行了调查^[1,2]，陈封政等分析了该虫的危害与防治^[3]，鞠瑞亭等报道了上海地区长足大竹象的发生与防治^[4]，杨瑶君等研究了该虫的触角超微结构和对竹笋挥发物的触角电位反应^[5]，杨桦等探讨了长足大竹象（又名竹横锥大象）对寄主及虫体挥发物的行为和触角电位反应^[6]。有关长足大竹象与虫网的作用机制的研究尚未见报道。在昆虫的诱捕研究方面，Volkov等研究了捕蝇草的诱捕的动力学机制^[7]，郭冬生等报道用于采集昆虫的捕虫网的制作和使用^[8]，周红宁等比较CDC和UV灯光源对人房蚊虫的捕捉效果^[9]，许国庆等分析了性信息素诱捕器与频振杀虫灯对甜菜夜蛾发生监测作用^[10]，沈斌斌等研究了黄板诱杀及其对烟粉虱种群的影响^[11]，黄金水研制了一种松墨天牛的活虫捕捉器^[12]。国内外尚未见虫网诱捕

昆虫的研究报道^[13-17]。

本文设计不同孔径的虫网诱捕器进行诱捕试验，结合电镜扫描技术，旨在探讨以下三个问题：（1）研究不同孔径的虫网对不同大小的成虫的捕获率，寻求诱捕率与虫网孔径、成虫大小等因素间的相关性；（2）分析长足大竹象被捕获的部位；（3）研究长足大竹象足的超微结构及其与虫网的互相作用关系。以期了解长足大竹象与虫网间的作用规律，明确虫网诱捕器捕虫的效果，为长足大竹象的生态防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 诱捕器的制作

1.1.1 材料

选用长80cm、宽2cm、厚1.5cm的长形竹条和直径0.1mm的可降解聚乙烯光滑细线。

1.1.2 制作方法

取长形竹条，制成高80cm、直径30cm圆柱体框架，以此框架为支撑体，用直径0.1mm的聚乙烯细线编织孔径大小不同的线网，形成一个完整的圆柱体诱捕器。

1.1.3 诱捕器结构

用长形竹条和聚乙烯细线编织成的圆柱体诱捕器高度80cm，直径30cm，上下圆表面和柱体均为网状结构(图1)，此诱捕器具有3个显著特点：1) 是一个立体的开放性结构，可全方位捕获昆虫。无论是圆柱体的柱体还是上下表面均可捕获昆虫，与频振杀虫灯、圆锥笼罩等诱捕器比较，诱捕面积明显增加；2) 结构简单，成本低，材料仅为竹条和聚乙烯细线，与金属、塑料诱捕器相比，制作成本显著降低；3) 生态环保，无任何粘合剂，竹条和聚乙烯均可降解，对环境无毒无害。

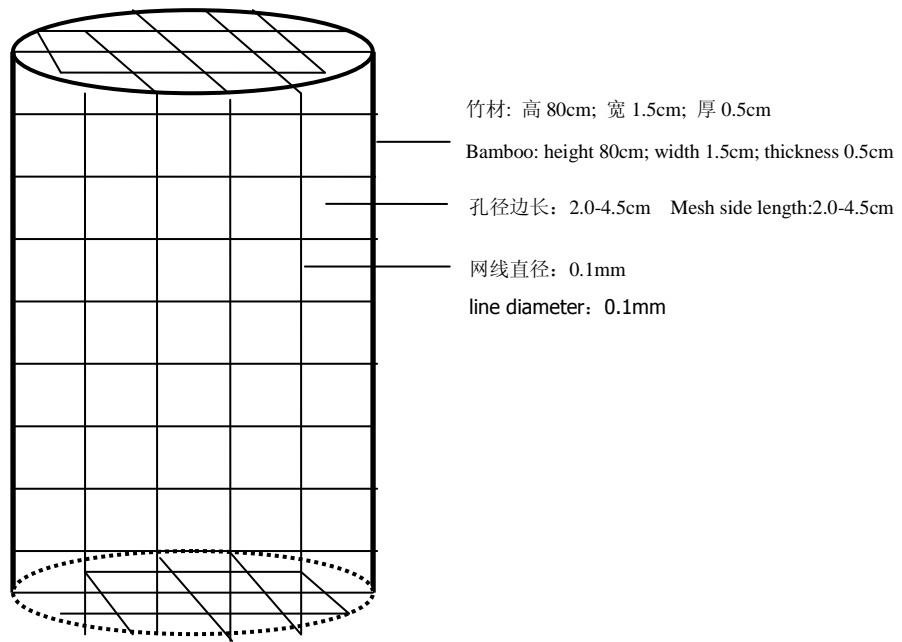


图1 圆柱体虫网诱捕器结构图

Fig.1 The structure of cylindrical insect trap

1.2 诱捕试验

以大小、长短相同的新鲜竹笋为引诱剂^[5,6],竹笋采自乐山师范学院实验竹林并挂于诱捕器中央,经观察诱捕器孔径边长在2.0-4.5cm范围内对成虫的捕获有效,圆柱体诱捕器网线孔径大小设置6种不同规格,孔径边长分别为2×2、2.5×2.5、3×3、3.5×3.5、4×4、4.5×4.5,准确挑选中足长度2.5、2.7、2.9cm的雌雄成虫各450只(相同大小的长足大竹象个体,中足变化相对较小),在每个处理诱捕器5m半径以外轻放50只成虫,雌雄各1/2,让其自由运动,条件为黑暗的洁净环境,所有成虫均为在温度25℃、相对湿度75%、光周期12L:12D下用新鲜竹笋室内饲养2d,重复3次。每2h观察记载诱捕数量、捕获部位及成虫在网上的运动特点。

1.3 昆虫足的超微结构

1.3.1 供试昆虫和仪器

选用竹林主要害虫长足大竹象为研究对象,采集乐山师范学院实验竹林竹笋上出土不久、行动迟缓的雌雄性成虫供试电镜扫描。电镜扫描用HCP-2型临界点干燥仪,FC-1600型离子溅射仪,JSM-5900LV扫描电镜。

1.3.2 电镜扫描

取供试雌雄性成虫在解剖镜下用镊子和医用手术刀将中足从腹部切下。然后用不同浓度梯度的乙醇(30%-50%-70%-80%)脱水,将样品浸于80%的乙醇中用超声波振动去除肉眼不可见的细小污物,再用(85%-90%-95%-100%)乙醇逐级脱水,经临界点干燥仪干燥,将

干燥好的样品观察面向上粘台，用JFC-1600型离子溅射仪喷金，置于JSM-5900LV扫描电镜下观察、拍照，加速电压为20 kV^[5, 18]。

1.4 数据分析

数据统计分析方法，应用SPSS16.0统计分析软件对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 诱捕试验结果

为分析虫网诱捕器的捕虫效果，探索长足大竹象诱捕率与虫网孔径、足长度的相关性，制作不同孔径大小的诱捕器并用中足长短不同的成虫做诱捕试验，以竹笋为引诱剂，重复3次，3次重复24h的平均捕获

表 1 不同网孔大小的诱捕器对长足大竹象捕获效果表

Table 1 The trapping effect on *C. buqueti* with different mesh side length of insect trap

网孔边长 (cm) Mesh side length (cm)	中足长度 (cm) Midfoot length (cm)	24h 平均诱捕数量 (只) Mean trapping number in 24h (ind.)			成虫总数 (只) imagoes total number (ind.)	平均诱捕率% Mean trapping rate%
		雌虫 female	雄虫 male	合计 total		
	2.5	1	0	1	50	2.0
2.0	2.7	1	1	2	50	4.0
	2.9	3	1	4	50	8.0
	2.5	2	1	3	50	6.0
2.5	2.7	3	3	6	50	12.0
	2.9	3	3	6	50	12.0
	2.5	13	7	20	50	40.0
3.0	2.7	14	7	21	50	42.0
	2.9	14	12	26	50	52.0
	2.5	20	15	35	50	70.0
3.5	2.7	15	18	33	50	66.0
	2.9	17	13	30	50	60.0
	2.5	16	13	29	50	58.0
4.0	2.7	15	13	28	50	56.0
	2.9	15	15	30	50	60.0
	2.5	13	7	20	50	40.0
4.5	2.7	11	8	19	50	38.0
	2.9	11	11	22	50	44.0

结果列于表1。由表1可知，诱捕器网孔大小不同对成虫的诱捕率不同，诱捕器网孔边长在3.5-4.0时，诱捕率相对较高，均在56%以上，当网孔边长小于2.5时，诱捕率小于9%。成虫中足的长度也影响诱捕效果，当网孔边长相同时，在2.5-2.9cm范围内，中足长度增加，

诱捕率呈增加趋势。同一孔径的诱捕器捕获的雌虫数大于雄虫数，这可能与雄虫个体较大、前足较长有关。对表2结果用SPSS16.0软件进行统计分析，结果表明 X_1 、 X_2 对 Y 的复相关系数 $r=0.762$ 达到显著相关水平 ($P<0.05$)，决定系数 $R^2=0.580$ ， X_1 对 Y 的偏回归系数达到极显著水平 ($P<0.01$)，诱捕率(Y)对网孔边长 (X_1)、中足长度 (X_2) 的线性回归方程为 $Y=-30.551+13.945X_1+7.825X_2(X_1\in[2,4.5]$ 、 $X_2\in[2.5,2.9])$ 。进一步的通径分析表明 X_1 、 X_2 对 Y 的通径系数分别为 $P_1=0.755$ 、 $P_2=0.081$ ， X_1 、 X_2 对 Y 的相对决定程度分别为 $d_1=0.570$ 、 $d_2=0.007$ ，对 Y 直接作用和相对决定程度 X_1 均大于 X_2 。回归和通径分析表明网孔边长长度极显著地影响诱捕率，其对诱捕率的决定程度达到57%。

2.2 捕获部位

随机取样观察50只捕获成虫，调查其捕获部位，重复3次，调查结果列于表2。从表1诱捕器网线捕

表2 诱捕器在成虫不同部位捕获数

Table 2 The trapping number of different imago part with insect trap

部位 part	前足 Foreleg	中足 Midleg	后足 Hindleg	合计 Total	占捕获部位总 数的百分比% percent of the total amount%	膜翅 Hyme- noptero- us	口喙 Prob- oscis	头部 Head	背部 Dors- al	腹部 Vent- er	合计 Total	占捕获部位总 数的百分比% percent of the total amount %
基节 Coxae	2	0	1	3	0.9	1	28	1	11	5	46	13.7
转节 Trochanter	61	49	27	137	40.9							
腿节 Femur	34	39	16	89	26.6							
胫节 Tibia	17	18	9	44	13.1							
附节 Tarsus	1	5	10	16	4.8							
合计 total	115	111	63	289	86.3							

获成虫的部位知，捕获部位在前、中、后足的占86.3%，同一足的不同部位比较，在转节处的捕虫数最多，前、中、后足转节处捕虫数占40.9%，比例最大；其次是腿节处捕虫数，占26.6%，最少的是基节，占0.9%；不同足比较，前足和中足处捕获数量较多，后足处捕获数量较少；膜翅、口喙、头部、背部及腹部处捕获总数仅占13.7%。并且观察到50%以上的成虫在2-4部位被网线系住。对调查结果用SPSS16.0进行方差分析，前足、中足、后足各部位成虫捕获与口喙、头部、背部、腹部4部位成虫捕获总数差异显著 ($F=50.172$, $P=0.000$)， t 测验表明前、中足与后足、头部等其他部位比较差异达到极显著水平 ($P<0.01$)，转节、腿节与同足的胫节、附节、基节比较差异也极显著 ($P<0.01$)。此结果表明诱捕器捕获成虫的

部位主要集中在3对足的部位，3对足中又极显著集中在前足和中足，同一足上又主要集中在转节和腿节，成虫与网的作用主要是足与网的相互作用。

2.2 长足大竹象足的超微结构

为分析足与虫网的作用机制，取出土不久的长足大竹象成虫中足的附节在电镜下扫描观察，结果如图2。从图2可知，附节有尖锐的爪(图2: A)，此结构是成虫抓握物体重要的器官，紧接爪的上部是3个足垫(图2: B)，第1个足垫密集丛生纤毛(图2: C)，并以3-15根纤毛集中成束(图2: D)，第2、3个足垫成丛直生(图2: E)，足垫上成丛的纤毛结构有利于成虫吸附于光滑的虫网表面。由此扫描结构可知，长足大竹象成虫足与虫网的作用力主要包括爪的抓握力和足垫的吸附力。

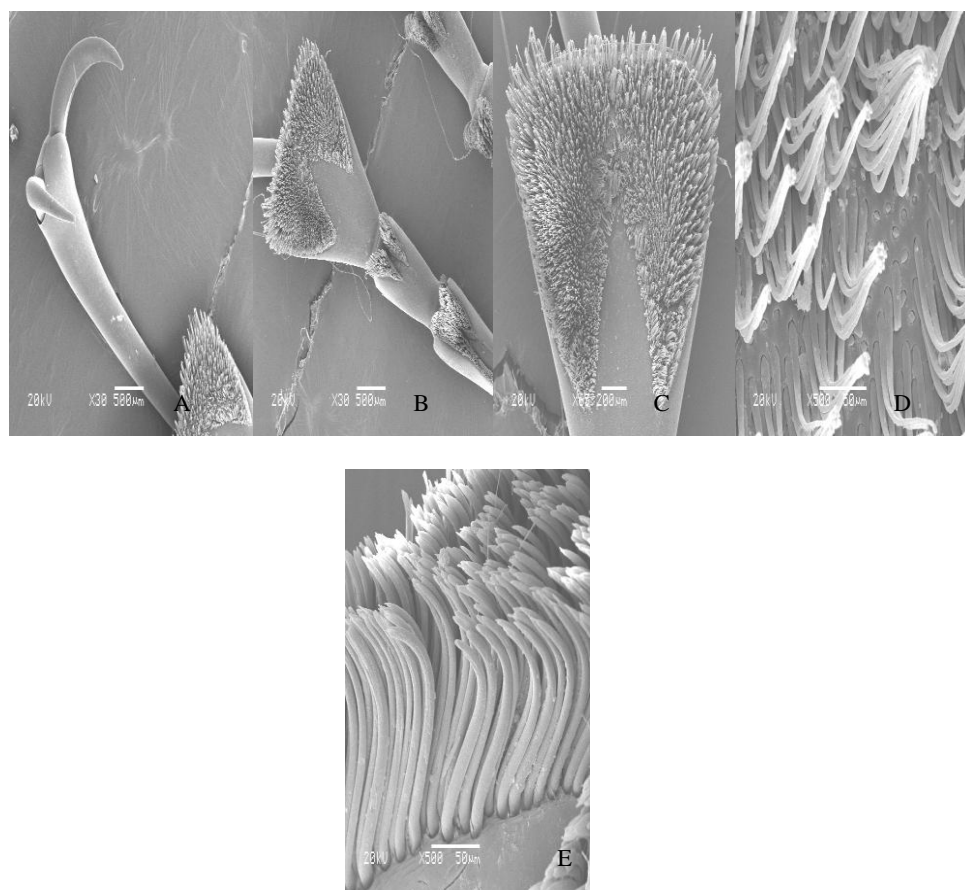


图 2 长足大竹象中足附节的扫描电镜观察

Fig. 2 The midfoot tarsi of *C. buqueti* observed with scanning electron microscopy

A: 附节末端的爪 The claw of foot end; B: 附节的 3 个足垫 The 3 footpads of tarsi; C: 垫丛生纤毛 The clustering cilia in tarsi; D: 足垫成束纤毛 The bundle Cilia in tarsi; E: 足垫纤毛密集丛生 The clustering dense cilia in tarsi

2.4 成虫足与网的相互作用

光滑的聚乙烯虫网能牢固捕获长足大竹象其主要机制是成虫足对网的机械作用力所致。

长足大竹象成虫首先通过足的抓握力和吸附力附着在诱捕器的网上,由于前、中、后足着生的部位和方向不同,其中前足主导运动的方向,作用力方向向后向下,中足作用力方向为左右向上,后足起辅助作用,作用力方向为前后方向轴的对角线方向,向前或向上,当成虫作用于网平面时,自身重力垂直向下,前、中、后足先后或同时产生向下、向上、向后、向前、向左、向右的作用力,作用力的方向和大小以及产生时间不同,形成了以网平面为中心的上下、前后、左右等不同方向的作用力。由于昆虫足的伸曲轨迹相同,当网孔径较小时,不同方向的力可以相互抵消,此时成虫可摆脱网的束缚而逃逸。当网孔径较大时,部分足难以作用于网线上,此部分足不产生作用力,为克服重力或前进阻力,前中后足不对称运动,此时足作用力合力的方向和大小呈动态变化,在动态变化过程中,部分网线滑落到腿节、转节或基节,于是成虫被牢牢捕获。若网孔足够大时,前中后足可能依附于网平面的上下两面,由于在两个平面同时产生不同方向的作用力,此时成虫更容易被捕获。当网孔大于了昆虫身体和足的总长度时,成虫从网孔掉落,虫网对成虫的捕获率显著降低。由此可知,网孔的大小、昆虫足的长度及昆虫前、中、后足抓握和吸附等作用力的方向是影响昆虫捕获率的主要原因。

3 讨论

用可降解的光滑聚乙烯细线编织虫网捕获昆虫的研究本文属首次。黄金水等报道了松墨天牛的活虫捕捉器^[12],频振杀虫灯、黄板、圆锥笼罩、捕蝇草等昆虫诱捕器先后有不少研究报道^{[9-11][14, 15][19-21]}。本文重点研究了长足大竹象成虫与虫网的作用特点,并建立了针对长足大竹象成虫的诱捕率与网孔边长、中足长度二因素的回归方程,此方程是否适合试验研究以外的范围及其他种类的昆虫与虫网的作用规律尚有待进一步研究考证。

本文制作的虫网诱捕器具有较大的应用价值,其可显著地降低长足大竹象等昆虫的诱捕成本,从而促进有害昆虫的生态防治。此诱捕器制作成本低,可以根据需要制作锥形、方形、三角形等其他不同形状的诱捕器用于不同昆虫的防治。配合引诱剂可用于不同植物的有害昆虫防治。即使无引诱剂,也可利用昆虫的食性、趋光性、植物伤流等实现对昆虫的诱捕。

虫网诱捕器捕虫的机制是利用虫网间的自然物理作用捕获成虫。在一定范围内,足与网的机械作用主要与网孔径大小极显著相关,并与昆虫足的长短、前中后足作用力方向相关,根据诱捕率对网孔边长、中足长度的直线回归方程,改变网孔径大小可实现对不同足长度昆虫的有效捕获。在研究中也发现网孔边长2.0-4.0cm的虫网捕获天牛、螳螂等长足昆虫有效。此提示虫网诱捕器对长足大竹象及其类似的长足昆虫可能有效。

本研究为竹林害虫的生态防治提供了重要的理论依据。根据诱捕率的线性方程,在一定

范围内,特定孔径的网只针对特定的足长短的昆虫,对其他昆虫无效。当天敌、有益昆虫大小、足的长短与目标昆虫不同时,针对目标昆虫的虫网对此类天敌和有益昆虫无显著捕获作用,并且虫网可降解、无任何粘合剂,无环境污染。可见,该虫网诱捕器是一个较好的生态防虫工具。

References:

- [1] Wang WD, Chen FZ, Wang XQ. Reproductive behavior of *Cyrtotrachelus buqueti*. *Sichuan Journal of Zoology*, 2005, 24(4): 540-541.
- [2] Wang WD, Wang XQ, Chen FZ. Preliminary investigation on *Cyrtotrachelus longimanus* in bamboos of Muchuan County. *Journal of Leshan Teachers College*, 2002, 19(4): 49-50.
- [3] Chen FZ, Wang WD, Wang XQ, Li SH, Gong JW. Research on damage done by *Cyrtotrachelus buqueti* and its control techniques. *Plant Protection*, 2005, 31(2): 89-90.
- [4] Ju RT, Xia CH, Xu JH. *Cyrtotrachelus buqueti* in Shanghai. *Forest Pest and Disease*, 2005, 24(2): 9-11.
- [5] Yang YJ, Qin H, Wang SF, Wang YP, Liao H, Liu C, Li SG. Antennal ultrastructure and electroantennogram responses to volatiles of bamboo shoot of *Cyrtotrachelus buqueti* Guerin-Meneville (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2010, 53(3): 1087-1096.
- [6] Yang H, Yang MF, Yang W, Yang CP, Zhu TH, Huang Q, Zhao XY. Behavioral and EAG responses of *Cyrtotrachelus buqueti* Guerin-Meneville (Coleoptera: Curculionidae) adults to host volatiles and their body extracts. *Acta Entomologica Sinica*, 2010, 53(3): 286-292.
- [7] Volkov AG, Adesina T, Markin VS, et al. Kinetics and mechanism of *Dionaea muscipula* trap closing. *Plant Physiology*, 2008, 146(2): 694-702.
- [8] Guo DS. Production and use of insect-catching net. *BULLETIN OF BIOLOGY*, 1995, 30(5): 32-33.
- [9] Zhou HN, Du ZW, Xiao YJ, Zhang ZX, Wang XZ. Investigation on the effects of mosquitoes collected in human rooms with CDC and UV lamp-traps in Yunnan province. *Chin J Vector Bio & Control*, 2001, 12(6): 418-420.
- [10] Xu GQ, Luo LZ, Cong B. Comparison of the efficiency of traps baited with sex pheromone and frequency trembler lamps for monitoring the population dynamics of beet armyworm adults. *PLANT PROTECTION*, 2006, 32(1): 77-79.
- [11] Shen BB, Ren SX. Yellow card traps and its effects on population of *bemisia tabaci*. *Journal of South China Agricultural University*, 2003, 24(4): 40-43.
- [12] Huang JS, He XY, Yang X, Xu YC, Lin QY. The effect of FJ-MA-02 attractant for trapping *monochamus alternatus* in the forest and development of live insect catcher. *SCIENTIA SILVAE SINICAE*. 2003, 39(sp.1): 153-158.
- [13] Larsdotter Mellström H, Wiklund C. Males use sex pheromone assessment to tailor ejaculates to risk of sperm competition in a butterfly. *Behavioral Ecology*, 2009, 20(5): 1147.
- [14] Voigt D, Gorb S. An insect trap as habitat: cohesion-failure mechanism prevents adhesion of Pameridea roridulae bugs to the sticky surface of the plant *Roridula gorgonias*. *Journal of Experimental Biology*, 2008, 211(16): 2647
- [15] Greene UG, Greene AT, Greene AM. Insect trap and method of use. US Patent 7,380,369, 2008.
- [16] Huang ZG, Zheng JG, Xie YS, Shi GM. Attracting limits of attractant M-99 and occurrence regularity of *Monochamus altrtrnatus* adult in Yuhang area of Hangzhou. *Forest Pest and Disease Jun*, 2005, 24(1): 4-7.
- [17] Cross JV, Hall DR, Shaw P, Anfora G. Exploitation of the sex pheromone of apple leaf midge *Dasineura mali* Kieffer (Diptera: Cecidomyiidae): Part 2. Use of sex pheromone traps for pest monitoring. *Crop Protection*, 2009,

28(2):128-133.

[18] Xu YX, Sun XG, Qin XW, Su JW, Ge F. The absorption and identification of volatiles from pine needles of *Pinus massoniana* Lamb. damaged by *Dendrolimus punctatus* (Walker) and the antennal responses of female *Blepharipa zebina* (Walker) to these volatile compounds. *Acta Entomologica Sinica*, 2007, 27(11):4403-4411.

[19] Schneidmiller RG. Insect trap with behavior modifying features. US Patent App. 20,090/151,227, 2009.

[20] Chen FY, Chen QW, Liang SR, Xu JQ, Yu YM, Wu SL, Ou YX. A brief report of effects of luring and killing pest by using single and mixed type of sex pheromone. *Journal of Chang Jiang Vegetables*, 2008, 7b: 55-56.

[21] Chen LJ, Tang C, Jin QA, Wen HB, Peng ZQ. Study on trap efficiency of different trappers and baits on *Cyrtotrachelus buqueti* Guerin-Meneville. *Journal of Anhui Agri. Sci.* 2009, 37(19):9042-9043, 9065.

参考文献:

- [1] 王维德, 陈封政, 王雄清. 长足大竹象繁殖行为的初步研究. *四川动物*, 2005, 24(4): 540-541
- [2] 王维德, 王雄清, 陈封政. 沐川县竹林主要害虫大竹象的调查. *乐山师范学院学报*, 2002, 19(4): 49-50.
- [3] 陈封政, 王维德, 王雄清, 李书华, 弓加文. 长足大竹象的发生危害与防治. *植物保护*, 2005, 31(2): 89-90.
- [4] 鞠瑞亭, 夏翠华, 徐俊华. 上海地区长足大竹象初报. *中国森林病虫*, 2005, 24(2): 9-11.
- [5] 杨瑶君, 秦虹, 王淑芳, 王玉平, 廖鸿, 刘超, 李仕贵. 长足大竹象的触角超微结构和对竹笋挥发物的触角点位反应. *昆虫学报*, 2010, 53(10):1087 -1096.
- [6] 杨桦, 杨茂发, 杨伟, 杨春平, 朱天辉, 黄琼, 赵晓英. 竹横锥大象对寄主及虫体挥发物的行为和触角电位反应. *昆虫学报*, 2010, 53(3): 286-292
- [8] 郭冬生. 捕虫网的制作和使用[J]. *生物学通报*, 1995, 30(5):32-33.
- [9] 周红宁, 杜尊伟, 肖育江, 张再兴, 王学忠. CDC 与 UV 灯光源人房蚊虫诱捕效果观察. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2001, 12(6): 418-420
- [10] 许国庆, 罗礼智, 丛斌. 性信息素诱捕器与频振杀虫灯对甜菜夜蛾发生监测作用的比较. *植物保护*, 2006, 32(1): 77-79
- [11] 沈斌斌, 任顺祥. 黄板诱杀及其对烟粉虱种群的影响. *华南农业大学学报*, 2003, 24(4): 40-43.
- [12] 黄金水, 何学友, 杨希, 徐耀昌, 林庆源. FJ-MA-02 引诱剂林间松墨天牛引诱效果及活虫捕捉器的研制. *林业科学*, 2003, 39(sp.1): 153-158
- [16] 黄照岗, 郑建国, 谢寅升, 石纪茂. M-99 引诱剂有效引诱范围及余杭区松褐天牛成虫发生规律. *中国森林病虫*, 2005, 24(1):4-7
- [18] 徐延熙, 孙绪良, 秦小薇, 苏建伟, 戈峰. 被害马尾松 (*Pinus massoniana*) 针叶挥发性物质的提取, 鉴定及蚕饰腹寄蝇 (*Blepharipa zebina*) 的电生理活性. *生态学报*, 2007, 27(11): 4403-4411.
- [20] 陈凤英, 陈前武, 梁声荣, 徐建强, 喻耀民, 吴胜利, 欧阳勋. 性诱剂和诱捕器诱杀害虫效果简报. *长江蔬菜*, 2008, 7b: 55-56
- [21] 陈立君, 唐超, 金启安, 温海波, 彭正强. 不同诱捕器与诱芯对笋横锥大象虫的诱捕效果. *安徽农业科学*, 2009, 37(19): 9042-9043, 9065

基金项目: 四川省基础研究项目(010JY0038); 四川省科技支撑项目(2010JZ0007)

作者简介:

杨瑶君(1968—), 男, 四川仁寿人, 教授, 主要从事林竹病虫害研究, E-mail: rsyyj@126.com