烟粉虱检测技术专题

联苯菊酯对烟粉虱毒力的快速测定技术优化和应用*

曹 增** 张友军 吴青君 谢 文 王少丽***

（中国农业科学院蔬菜花卉研究所，北京 100081）

摘 要 **【目的】** 烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)是一种外来入侵性的重大农业害虫，化学药剂是防治烟粉虱的主要手段。为了实现对烟粉虱成虫防治用药的科学快速筛选，本文拟研究并优化联苯菊酯对烟粉虱毒力的快速测定技术。**【方法】** 优化了一种烟粉虱成虫对联苯菊酯敏感度的毒力测定方法——玻璃管药膜法。具体方法是：在玻璃指形管的底部 1/3 处均匀涂抹配制好的一定浓度的杀虫药液，晾干后引入烟粉虱成虫，根据药剂作用特性确定合适的时间来观察试虫的死亡情况。应用该方法测定了联苯菊酯对室内饲养的烟粉虱成虫进行快速毒力测定，确定药剂的诊断剂量，最后检测了制作的玻璃管药膜放置于不同条件下对烟粉虱的检测灵敏度。**【结果】** 优化的玻璃管药膜法测定结果稳定，重复性好，可快速测定化学药剂对田间烟粉虱成虫的毒力；4°C 条件下避光存放制作的药膜玻璃管一个月后，仍可以保持其稳定的检测灵敏性。**【结论】** 本研究中优化的玻璃管药膜法，操作及测定方法简便快速，试虫需要量少，1/3 玻璃管内部涂药还可减少试验的用药量，该方法也可用于其它具有飞行能力的昆虫毒力测定试验中，为田间害虫的科学选药提供一种快速测定手段。

关键词 烟粉虱，联苯菊酯，玻璃管药膜法，毒力测定，诊断剂量

Optimization and application of a rapid bioassay method of bifenthrin to *Bemisia tabaci*

CAO Zeng** ZHANG You-Jun WU Qing-Jun XIE Wen WANG Shao-Li***

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract **[Objectives]** The sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) is an important invasive insect pest on the agricultural crops and chemical control is still the main method up to now. In order to get the effective insecticides for the whiteflies, the bioassay method for the whitefly adults through residual film in glass tube was optimized and applied in this study. **[Methods]** The bifenthrin solution was laid on the 1/3 inner wall to the bottom of the glass tube. The *B. tabaci* adults were released into the glass tubes when the insecticide film were dried and were forced to be kept at the bottom using the cotton plug. The mortality of the tested whiteflies was investigated after several hours determined according to toxicity characters of insecticides. The toxicity of bifenthrin to the whitefly adults were measured using this method and the diagnostic dose was confirmed. The measurement susceptibility of the insecticide film in the glass tube kept at different conditions was monitored finally. **[Results]** The results showed that the residual film method was stable and had good repeatability, and

* 资助项目 Supported projects：国家自然科学基金（31171857）；农业部公益性行业（农业）科研专项（201303019）和农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室项目

**第一作者 First author，E-mail：cao.zeng@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：wangshaoli@caas.cn

收稿日期 Received：2015-01-09，接受日期 Accepted：2015-01-19

could be used to measure the insecticide susceptibility to the *B. tabaci* in the field quickly. The residual film in the glass tube can keep its stable sensitivity at 4°C for at least one month. The method in this study was confirmed to be quick and simple. **[Conclusion]** Few tested insects were needed in this bioassay method and the insecticide quantities tested were also low due to the 1/3 volume inner wall being covered by the insecticide film. This bioassay method could also be used on the other flying insects, which provides a quick practical method for the insecticide selection in the field.

Key words *Bemisia tabaci*, bifenthrin, glass tube residual film, toxicity bioassay, diagnostic dose

烟粉虱 *Bemisia tabaci*（Gennadius）属半翅目 Hemiptera，粉虱科 Aleyrodidae，是一种外来入侵性的重大农业害虫（Bacci *et al.*，2007；任顺祥等，2011），该虫的直接危害以成虫和若虫刺吸植物汁液、分泌蜜露诱发煤污病、影响植物光合作用，常年使农作物减产 30%~50%；烟粉虱成虫还可传播双生病毒，如传播番茄黄化曲叶病毒（*Tomato yellow leaf curl virus*，TYLCV）等而引发植物病毒病，由此造成的间接危害更重，严重时甚至使作物绝收（Reitz，2007；Navas-Castillo *et al.*，2011）。烟粉虱是由形态上不可区分、生物学特性方面存在显著差异的 30 余种生物型（Biotype）或隐种（Cryptic species）组成的复合种害虫（Dinsdale *et al.*，2010；Boykin *et al.*，2013）。在烟粉虱众多生物型或隐种中，B 生物型（隐种 MEAM1，本文简称 B 烟粉虱）和 Q 生物型（隐种 MED，本文简称 Q 烟粉虱）的入侵性最强，造成的危害也最大。

B 烟粉虱于 20 世纪 90 年代中后期在我国华北、华南一些省市暴发，随后被证实为外来入侵的 B 烟粉虱（罗晨等，2002）。随后几年，B 烟粉虱迅速扩散到南到海南、北到哈尔滨、东到上海、西到新疆的我国广大地区（Pan *et al.*，2011）；而 Q 烟粉虱则于 2003 年在云南昆明首次发现（Zhang *et al.*，2005）。近年来，在我国绝大部分地区 Q 烟粉虱已基本取代 B 烟粉虱成为了当地的优势危害种群，部分地区甚至全部为 Q 烟粉虱（Pan *et al.*，2011）。由于 Q 烟粉虱对寄主植物的适应性更广泛、对杀虫剂的耐药性更高（Luo *et al.*，2010；Wang *et al.*，2010；Xie *et al.*，2014）、对双生病毒的传播能力更强（Pan *et al.*，2012），因此生产上防治该种烟粉虱所面临的挑战性更大。

化学防治仍是目前生产上防治烟粉虱的重要手段和工具，然而由于烟粉虱成虫具有一定的飞翔能力，逃避药剂喷施的能力强，属于生产上最难以防治的害虫之一。随着杀虫剂的广泛使用，烟粉虱对越来越多的杀虫剂逐渐产生了不同程度的抗药性（王少丽等，2011；Xie *et al.*，2014），因此，田间烟粉虱的抗药性监测及药剂的科学选择和施用就显得至关重要（Ahmad *et al.*，2002）。害虫毒力测定是评价害虫对药剂敏感度、从而科学选择田间用药种类的直接方法，不同害虫的室内毒力测定方法随着害虫种类的不同而存在差异。检测杀虫剂对烟粉虱成虫毒力常用方法为琼脂浸叶法（Feng *et al.*，2010；中华人民共和国农业行业标准，2013）。然而，这种测定方法需要耗费 2~3 d 的时间，尚能检测到药剂对烟粉虱的毒力高低。另外，这种测定方法需要一定的试验耗材（例如指形管、无虫苗、打孔器等）才能进行，其中无虫苗的饲养更需要花费大量的人力、物力和财力；另外，滤纸药膜法的操作相对简便，耗时较短，但是由于烟粉虱成虫具有飞翔能力，且个体微小，极易夹在滤纸药膜和承载体之间造成不同程度的损伤，尤其是对翅膀造成损伤时直接影响到了试验结果的检查和记录，造成很大的试验误差。因此，建立并优化一种新的杀虫剂毒力快速检测方法对于短时间内快速评价杀虫剂对烟粉虱成虫的毒力、从而有针对性地选药施药具有重要的指导意义。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫及饲养

烟粉虱于 2004 年 10 月采自中国农业科学院蔬菜花卉研究所北圃场甘蓝菜地，采用 mtCO Ⅰ

（Mitochondrial cytochrome oxidase Ⅰ gene）分子标记技术鉴定为 B 烟粉虱（罗晨等，2002）。在“京丰一号”甘蓝（*Brassica oleracea* L.，cv Jingfeng 1）无虫苗上饲养至今，作为室内相对敏感种群，命名为 SS 种群。

联苯菊酯抗性烟粉虱种群的生物型为 B，室内以无虫甘蓝苗继代饲养并喷施联苯菊酯进行抗性汰选，命名为 RR 种群。经琼脂保湿浸叶法生物测定其相对于敏感 SS 种群的抗性倍数为 13.98 倍；用于验证诊断剂量检测稳定性的田间烟粉虱种群的生物型为 Q，采用 FF 表示。

1.2 杀虫剂

95.6%联苯菊酯原药，江苏常隆化工有限公司产品。

1.3 烟粉虱成虫的传统生物测定方法

传统的烟粉虱成虫的生物测定方法采用琼脂糖浸叶法（Feng *et al.*，2010），具体方法为：在指形管底部铺上 1.8 %~2.0%的琼脂约 2 mL，待琼脂凝固后，用吸水纸拭干管壁水汽。采未施药的平整甘蓝叶片，避开粗大叶脉用打孔器打出直径 22 mm 叶圆片。设置 5~7 个药剂处理浓度及 1 组空白对照，每浓度设置 4 次重复，稀释用水配成含 0.125‰曲拉通 X-100 的蒸馏水溶液。配好药液后每叶圆片浸液 10 s，晾干后正面朝琼脂平贴于管底。管口朝下，轻拍停有烟粉虱的叶片让烟粉虱自由飞入，每管 20~35 头，用棉塞塞入 2/3 管长，保持与叶片距离不低于 15 mm。处理后将指形管倒置于光照培养箱，设置温度 25℃和光周期 L∶D =14∶8，48 h 后检查各管死亡虫数。各浓度总数和死亡数据采用 Probit 处理系统计算各杀虫剂浓度处理后烟粉虱的死亡数，得出杀虫剂对应的 LC_{50} 及其 95%置信限、斜率 b 值及其标准差等。

1.4 优化的玻璃管药膜生物测定法

参考上述的琼脂浸叶法生物测定，结合了农药室内生物测定试验准则中的滤纸药膜法的特点，采用并优化了指形玻璃管药膜法，进行药剂的快速生物测定试验。具体操作方法为：称取 95.6 %联苯菊酯原药，并用丙酮溶解进行 2 倍梯度稀释成 5~7 个不同浓度的药液，同时设置丙酮空白对照，每个处理设置 4 次重复。用移液枪吸取 500 μL 药液注入管底，小心倾斜转动指形管，药液随着丙酮的挥发而固着在玻璃管内壁上，使之在管底往上 1/3 管长范围内形成药膜，玻璃管放置在通风橱内直至内部药膜完全干透后进行接虫。轻拍植株把烟粉虱成虫接入管内，棉塞推入到药膜上沿。处理后把指形管倒置放在（25±1）℃的培养箱内，3 h 后（根据杀虫剂作用特性的不同，可适当延长观察时间）检查结果。以烟粉虱存在运动障碍（包括彻底死掉和存在不能爬行、不能飞动等运动障碍）作为烟粉虱死亡的判定标准。

1.5 杀虫剂对烟粉虱毒力的诊断剂量确定及其验证

1.5.1 诊断剂量的确定 采用上述优化的玻璃管药膜法，以室内敏感烟粉虱种群为试虫，进行药剂对烟粉虱成虫的毒力检测。连续进行 3 次试验待结果稳定后，取 3 次试验数据进行数据合并，计算其 LC_{50}、LC_{60}、LC_{80} 等不同的剂量。测试室内敏感烟粉虱 SS 种群在这些诊断浓度下的校正死亡率（分别重复 3 次），选取结果最稳定的剂量作为诊断剂量。

1.5.2 诊断剂量的验证 采用室内敏感种群（SS）和室内选育的抗性种群（RR）作为试虫，对于上述最后选取的诊断剂量进行验证。试虫分别设置 100%SS 种群、50%SS 种群＋50%RR 种群、100% RR 种群，进行诊断剂量的验证。最后设置田间烟粉虱种群（FF）来进行进一步验证试验。

1.6 玻璃管药膜在不同存放条件下的稳定性

确定诊断剂量后，将该浓度药液按照 1.4 描述加入指形玻璃管内距离底部 1/3 长度内滚动完毕后，放置于通风橱中 1 h 彻底晾干，随后塞入棉塞，并用封口袋密封起来，把准备好的玻璃管药膜分别避光保存在常温和 4°C 条件下，常温下放置 1 d 和 3 d，4°C 条件下分别放置 1、3、7、

10、15、20 和 30 d。之后分别取出药膜玻璃管和空白对照管，恢复至室温后，采用上述方法分别测定其诊断剂量对室内敏感烟粉虱 SS 种群的稳定性，每处理各重复 3 次。

2　结果与分析

2.1　联苯菊酯对烟粉虱毒力快速测定的诊断剂量初步确立

以室内烟粉虱 B 相对敏感种群（SS）为试虫，采用上述指形管药膜法进行联苯菊酯的生测试验，连续进行 3 次，结果很接近，彼此间无显著差异（表 1）。

Probit 软件对表 1 中 3 次数据进行综合处理，选择 LC_{50}、LC_{60}、LC_{80} 所对应的浓度作为诊断剂量的备选浓度，如表 2 所示。由表 2 可知 LC_{60} 的校正死亡率与计算出来的 60%的死亡率最相符，指示性最稳定，因此选择 LC_{60} 作为联苯菊酯的诊断剂量。

2.2　联苯菊酯诊断剂量对敏感和抗性烟粉虱种群的毒力验证

为了对联苯菊酯 LC_{60} 的诊断可靠性进行验证，采用玻璃管药膜法分别处理 3 组不同试虫：RR 种群、SS 种群及 RR 和 SS 的 1∶1 混合种群，结果见表 3。由表 3 可知，100%SS 种群的校正死亡率为 58.57%，接近 60%；LC_{60} 处理的 RR 种群死亡率低于对照处理（3.66%＜6.15%），而 50%（RR+SS）的死亡率≈50%（RR 死亡率＋SS 死亡率），表明 LC_{60} 作为诊断剂量的指示性和稳定性很强。

表 1　玻璃管药膜法连续 3 次对烟粉虱成虫的生测结果

Table 1　Bifenthrin bioassay to *Bemisia tabaci* using the residual film in glass tube for 3 replicates

试验次号 Experimental No.	斜率±标准误 Slope±SE	致死中浓度（mg/L） LC_{50} (mg/L)	95% 置信区间 95% confidential limits
I	1.08±0.09	20.62	15.47-27.49
II	1.05±0.12	25.25	18.16-35.11
III	0.86±0.10	23.20	15.93-33.80

表 2　联苯菊酯对烟粉虱诊断剂量浓度及其校正死亡率

Table 2　Corrected mortality of the different concentrations of bifenthrin doses to *Bemisia tabaci*

诊断剂量 Diagnostic doses	诊断剂量的浓度（mg/L） Concentrations of diagnostic doses (mg/L)	校正死亡率（%） Corrected mortality (%)
LC_{50}	22.7543	41.59
LC_{60}	40.6644	60.70
LC_{80}	156.5716	78.69

表 3　联苯菊酯诊断剂量对不同品系烟粉虱成虫的毒力测定结果

Table 3　Bioassay results of bifenthrin diagnostic dose to the resistant and susceptible *Bemisia tabaci* strains

试虫处理 Treatments	LC_{60} 浓度下死亡率（%） Mortality at LC_{60} (%)	对照死亡率（%） Control mortality (%)	校正死亡率（%） Corrected mortality (%)
100% RR	3.66	6.15	—
50% (RR+SS)	34.59	2.61	32.84
100% SS	60.32	4.23	58.57

RR 和 SS 分别为联苯菊酯汰选的烟粉虱抗性种群及室内相对敏感种群。

RR and SS are the resistant *Bemisia tabaci* selected by bifenthrin and the relatively susceptible strain.

表 4 联苯菊酯诊断剂量对田间烟粉虱成虫的毒力测定结果

Table 4 Bioassay results of bifenthrin diagnostic dose to *Bemisia tabaci* field population

试虫处理 Treatments	LC_{60} 浓度下死亡率（%） Mortality at LC_{60} (%)	对照死亡率（%） Control mortality (%)	校正死亡率（%） Corrected mortality (%)
100% FF	27.06	1.02	26.31
50%（FF+SS）	32.61	1.94	31.27
100% SS	59.21	4.69	57.20

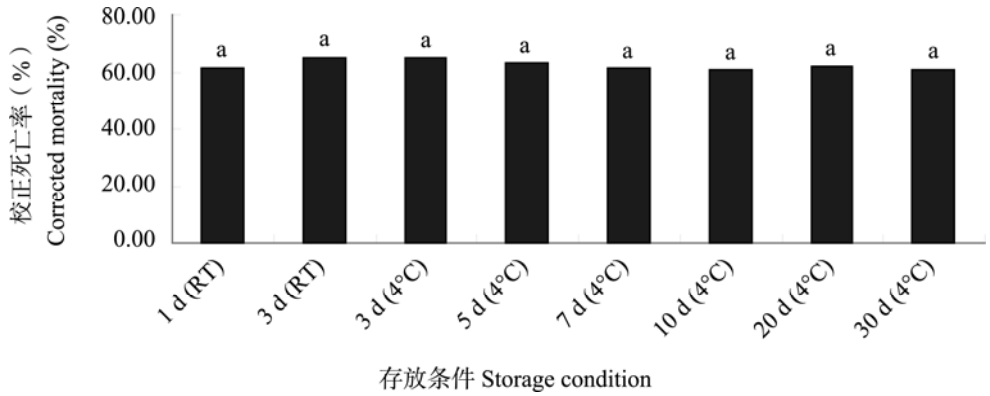

图 1 不同温度和保存时间下玻璃管药膜的稳定性检验

Fig. 1 Stability of the residual film in glass tube at different storage conditions

RT 表示室温（25±1）°C。柱上标有相同字母表示 Turkey 检验中差异不显著（$P < 0.05$）。

RT indicates the room temperature at (25±1)°C. Histograms with the same letters indicate no significant difference by Turkey test ($P < 0.05$).

2.3 联苯菊酯诊断剂量对田间烟粉虱种群的毒力验证

将上述诊断剂量 LC_{60}（40.6644 mg/L）用于测试大棚番茄上的烟粉虱田间种群（FF），同样设置 3 组不同试虫：FF 种群、RR 种群和 FF 种群与 SS 种群以 1∶1 的比例混合，测试结果见表 4。可以看出，在诊断剂量 LC_{60} 浓度处理下，田间 FF 种群的死亡率（27.06%）比室内 RR 抗性种群的死亡率（3.66%）高，但远低于 60%，说明该田间烟粉虱种群对联苯菊酯存在一定水平的抗药性。对敏感种群的校正死亡率为 57.2%，仍然接近 60%。

2.4 不同存放条件下玻璃管药膜的稳定性

制作的玻璃管药膜在不同温度下存放后，取出测定烟粉虱的死亡率，结果见图 1。可以看出，在室温和 4°C 条件下，玻璃管药膜内的诊断剂量浓度稳定性良好，对试虫的校正死亡率均接近 60%，特别是 4°C 条件下，其稳定性可以长达一个月。

3 结论与讨论

杀虫剂对害虫的毒力测定是其田间药效试验的前提和基础，而室内生物测定技术是实现其毒力测定的关键步骤。本研究在原有的害虫生物测定方法的基础上，进行各方法之间的比较、改进与优化等步骤，也曾参照金涛等（2010）的方法，把浸药滤纸放入玻璃管内的滤纸药膜法进行，但是由于烟粉虱体型微小，部分烟粉虱成虫会钻入滤纸下面很小的缝隙之间造成机械死亡而带来试验误差，因此放弃对该方法的尝试和优化。而玻璃管药膜法以往常用于蚜虫等害虫的毒

力测定试验中（鲁艳辉等，2009；Tang *et al.*，2013），少有研究用于粉虱类害虫的生物测定（汤方等，2007；钟宝珠等，2009），但是这些研究都是采用在整个玻璃管内壁上涂抹药液形成药膜来进行试虫测定，如此更易使杀虫剂铺展在更大范围内，需要的药剂量也明显增多，剩余的药液及造成的污染更大。本研究在此基础上，优化确定采用 1/3 体积的玻璃管药膜法来进行杀虫剂对烟粉虱的快速诊断剂量方法，并最终确立了 LC_{60}（40.6644 mg/L）作为其烟粉虱对联苯菊酯抗敏性的诊断剂量，检测结果可以在试虫处理 3 h 后（或者适当延长时间）获得结果，试虫固定在药管底部 1/3 处，检测结果稳定可行。本研究中，除了 LC_{60} 外，试验发现 LC_{80} 的诊断剂量也很稳定，因此，也曾尝试使用 LC_{80} 对应的浓度作为诊断剂量，但是 LC_{80} 对应浓度相对较高，在夏季炎热季节使用玻璃管药膜法时，药膜很容易吸湿变潮，从而粘住烟粉虱成虫翅膀，为实际操作带来不便，且为试验测试带来不可避免的误差。故最后确定以 LC_{60}（40.6644 mg/L）作为诊断剂量。

根据本研究中建立的诊断剂量，若被测试烟粉虱种群的校正死亡率大于 60%，说明该测试种群对联苯菊酯相对敏感；若校正死亡率小于 60%，说明该种群对联苯菊酯具有一定程度的耐药性或抗药性，田间喷施该药进行防治时需要慎重选择。害虫种群的敏感性或抗性程度的高低依据其校正死亡率偏离 60%的具体程度来粗略判定。另外，我们试验中采用商品化的 10%联苯菊酯制剂稀释 4 000 倍液喷施本研究中使用的室内相对敏感烟粉虱种群（SS），药后 3 d 的相对防效达到 73.48%，药后 7 d 防效为 85.88%（未发表数据）。田间可根据试虫死亡率偏离 60%的程度来定性判断联苯菊酯施药后的防治效果。

传统的烟粉虱生物测定方法需要 2~3 d，田间试虫数量不足时，需要室内饲养 1~2 代直至有足够数量的试虫才可进行毒力测定，药剂处理至观察结果尚需要 2~3 d 时间，耗时较长。而本研究中的测定方法和技术可以在田间随时采集少量试虫即可进行，而且当天即出现结果，为田间的及时选药用药提供一种快速决策方法。而且该玻璃药膜管可在 4°C 条件下避光长达 1 个月存放并保持其测试灵敏性，因此可于室内提前做好药膜，田间随时监测使用。另外，该方法仅在玻璃管底部 1/3 处涂施药膜，可有效降低用药量，从而降低环境污染。按照该快速检测方法可建立起生产上常用药剂对粉虱害虫的诊断剂量，以便在不同地区粉虱害虫发生期内，及时快速测定生产上常用药剂对烟粉虱的敏感度，以指导当地快速选药施药。另外，该方法也可应用于具有飞行能力的其它害虫的快速生物测定中。

参考文献 (References)

Ahmad M, Arif MI, Ahmad Z, Denholm I, 2002. Cotton whitefly (*Bemisia tabaci*) resistance to organophosphate and pyrethroid insecticides in Pakistan. *Pest Management Science*, 58(2): 203–208.

Bacci L, Crespo ALB, Galvan TL, Persira EJ, Picanco MC, Silva GA, Chediak M, 2007. Toxicity of insecticides to the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. *Pest Management Science*, 63(7): 699–706.

Boykin LM, Bell CD, Evans G, Small I, De Barro PJ, 2013. Is agriculture driving the diversification of the *Bemisia tabaci* species complex (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae)? Dating, diversification and biogeographic evidence revealed. *BMC Evolutionary Biology*, 13(10): 228.

Dinsdale A, Cook L, Riginos C, Buckley YM, De Barro PJ, 2010. Refined global analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodoidea: Aleyrodidae) mitochondrial cytochrome oxidase 1 to identify species level genetic boundaries. *Annals of the Entomological Society of America*, 103(2): 196–208.

Feng YT, Wu QJ, Wang SL, Chang XL, Xie W, Xu BY, Zhang YJ, 2010. Cross-resistance study and biochemical mechanisms of thiamethoxam resistance in B-biotype *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*, 66(3): 313–318.

Jin T, Zeng L, Ling YY, Lu YY, Liang GW, 2010. Paper scroll with insecticide film, a simple method for toxicity test. *Journal of Environmental Entomology*, 32(4): 498–503. [金涛, 曾玲, 林玉英, 陆永跃, 梁广文, 2010. 一种简易的杀虫剂毒力测定方法-纸膜卷筒法. 环境昆虫学报, 32(4): 498–503.]

Lu YH, Yang T, Gao XW, 2009. Establishment of baseline susceptibility data to various insecticides for aphids *Rhopalosiphum*

padi (Linnaeus) and *Sitobion avenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae) by the method of residual film in glass tube. *Acta Entomologica Sinica*, 52(1): 52−58. [鲁艳辉, 杨婷, 高希武, 2009. 禾谷缢管蚜和麦长管蚜玻璃管药膜法敏感毒力基线的建立. 昆虫学报, 52(1): 52−58.]

Luo C, Jones CM, Zhang F, Denholm I, Gorman K, 2010. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* biotype Q (Hemiptera: Aleyrodidae) from China. *Crop Protection*, 29(5): 429−434.

Luo C, Yao Y, Wang RJ, Yan FM, Hu DX, Zhang ZL, 2002. The use of mitochondrial cytochrome oxidase I (mt COI) gene sequences for the identification of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. *Acta Entomologica Sinica*, 45(6): 759−763. [罗晨, 姚远, 王戎疆, 阎凤鸣, 胡敦孝, 张芝利, 2002. 利用 mtDNA COI 基因序列鉴定我国烟粉虱的生物型. 昆虫学报, 45(6): 759−763.]

Navas-Castillo J, Fiallo-Olivé E, Sánchez-Campos S, 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Review of Phytopathology*, 49: 219−248.

Pan HP, Chu D, Ge DQ, Wang SL, Wu QJ, Xie W, Jiao XG, Liu BM, Yang X, Yang NN, Su Q, Xu BY, Zhang YJ, 2011. Further spread and domination of *Bemisia tabaci* biotype Q in field crops in China and Japan. *Journal of Economic Entomology*, 104(3): 978−985.

Pan HP, Chu D, Yan WQ, Su Q, Liu BM, Wang SL, Wu QJ, Xie W, Jiao XG, Li RM, Yang NN, Yang X, Xu BY, Brown JK, Zhou XG, Zhang YJ, 2012. Rapid spread of *Tomato yellow leaf curl virus* in China is aided differentially by two invasive whitefly biotypes. *PLoS ONE*, 7(4): e34817.

Reitz SR, 2007. Invasion of the whiteflies. *Science*, 318(5857): 1733−1734.

Ren SX, Qiu BL, Ge F, Zhang YJ, Du YZ, Chen XX, Guo JY, Lin KJ, Peng ZQ, Yao SL, Hu YH, Wang LQ, Zhang WQ, 2011. Research progress of the monitoring, forecast and sustainable management of whitefly pests in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 7−15. [任顺祥, 邱宝利, 戈峰, 张友军, 杜予州, 陈学新, 郭建英, 林克剑, 彭正强, 姚松林, 胡雅辉, 王联德, 张文庆, 2011. 粉虱类害虫的监测预警与可持续治理技术透视. 应用昆虫学报, 48(1): 7−15

Tang F, Li SC, Kong XB, Wang KY, 2007. Studies on selective toxicity of acetamiprid, imidacloprid and buprofezin to *Trialeurodes vaporariorum* and two natural enemies. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 9(1): 88−91. [汤方，李生臣，孔祥波, 王开运, 2007. 吡虫啉等杀虫剂对温室白粉虱及其两种天敌的选择毒力. 农药学学报, 9(1): 88−91.]

Tang LD, Wu JH, Ali S, Ren SX, 2013. Establishment of baseline toxicity data to different insecticides for *Aphis craccivora* Koch and *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Homoptera: Aphididae) by glass tube residual film technique. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(2): 411.

The Professional Standards of People's Republic of China, 2013. Guideline for laboratory bioasay of pesticides—Part 16: Leaf-dipping method for insecticide activity to whitefly, NY/T 1154.16−2013. 中华人民共和国农业行业标准, 2013. 农药室内生物测定试验准则 杀虫剂第 16 部分: 对粉虱类害虫活性试验 琼脂保湿浸叶法: NY/T 1154.16−2013.]

Wang SL, Zhang YJ, Li RM, Wu QJ, Xu BY, 2011. Biotype and resistance status of whitefly *Bemisia tabaci* in Beijing and Hunan areas. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 27−31. [王少丽, 张友军, 李如美, 吴青君, 徐宝云, 2011. 北京和湖南烟粉虱生物型及其抗药性监测. 应用昆虫学报, 48(1): 27−31.]

Wang ZY, Yan HF, Yang YH, Wu YD, 2010. Biotype and insecticide resistance status of the whitefly *Bemisia tabaci* from China. *Pest Management Science*, 66(12): 1360−1366.

Xie W, Liu Y, Wang SL, Wu QJ, Pan HP, Yang X, Guo LT, Zhang YJ, 2014. Sensitivity of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to several new insecticides in china: effects of insecticide type and whitefly species, strain, and stage. *Journal of Insect Science*, 14(1): 261.

Zhang LP, Zhang YJ, Zhang WJ, Wu QJ, Xu BY, Chu D, 2005. Analysis of genetic diversity among different geographical populations and determination of biotypes of *Bemisia tabaci* in China. *Journal of Applied Entomology*, 129(3): 121−128.

Zhong BZ, Lv CJ, Han CW, Tan WQ, Ma ZL, 2009. Bioactivities of extracts of several plants against spiraling whitefly (*Aleurodicus disperses* Russell). *Chinese Journal of Tropical Crops*, 30(7): 1009−1012. [钟宝珠, 吕朝军, 韩超文, 覃伟权, 马子龙, 2009. 几种植物乙醇提取物对螺旋粉虱的生物活性. 热带作物学报, 30(7): 1009−1012.]