近10年我国烟粉虱发生为害及防治研究进展

褚　栋[1]，　张友军[2*]

（1. 青岛农业大学植物医学学院，山东省植物病虫害综合防控重点实验室，青岛　266109；
2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所，北京　100081）

摘要　烟粉虱是我国重要农业害虫，近10年来我国烟粉虱发生为害呈现以下特点：烟粉虱的优势生物型/隐种由B型更替为Q型；传播植物病毒（如黄化曲叶病毒、番茄褪绿病毒）成为了烟粉虱重要的为害方式；烟粉虱抗药性问题逐渐突出；化学农药尤其新烟碱类杀虫剂的广泛使用是Q型烟粉虱取代B型烟粉虱的关键因素。烟粉虱的综合防控措施日益完善，抗药性治理与非化学防控措施受到重视，但是依靠农药的现状并未完全改变。本文综述了近10年来我国烟粉虱的发生为害及防治方面的概况，探讨了今后烟粉虱防控方面的研究内容。

关键词　烟粉虱；　生物型更替；　传播病毒；　抗药性；　化学控制；　中国

中图分类号： S 433　　**文献标识码：** A　　**DOI：** 10.16688/j.zwbh.2018321

Research progress on the damages and management of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China over the past 10 years

CHU Dong[1]，　ZHANG Youjun[2]

(1. *Key Laboratory of Integrated Crop Pest Management of Shandong Province*, *College of Plant Health and Medicine*, *Qingdao Agricultural University*, *Qingdao*　266109, *China*; 2. *Institute of Vegetables and Flowers*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing*　100081, *China*)

Abstract　The sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), is an important insect pest in crops. Over the past 10 years, *B. tabaci* has been researched extensively and intensively in China. The dominant biotype of this pest in most area of China has changed from biotype B to biotype Q during this period; the transmission of plant viruses such as *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) and *Tomato chlorosis virus* (ToCV) has been the important damage mode of *B. tabaci*; the insecticide resistance problem of *B. tabaci* gradually occurred in many regions; the application of insecticides, especially neonicotinoids, is the key factor involved in the displacement of B biotype by Q biotype of *B. tabaci*. The measures in the integrated management of this pest have been supplemented, among which the non-chemical measures have been emphasized. However, the control of this pest still depended mainly on the application of insecticides in most regions. This paper reviewed the research progress on the damages and management of *B. tabaci* in China over the past 10 years and discussed the future research in the management of this pest.

Key words　*Bemisia tabaci*;　biotype displacement;　virus transmission;　insecticide resistance;　chemical control;　China

烟粉虱 *Bemisia tabaci*（Gennadius）隶属于半翅目 Hemiptera 粉虱科 Aleyrodidae，是一种世界性分布的农业害虫。该虫可通过取食植物汁液，分泌蜜露造成煤污病，传播植物病毒等方式为害农作物。烟粉虱被视为一种包括多种生物型（biotype）或隐种（cryptic species）的复合种（species complex），这些生物型或隐种在寄主范围、传毒能力、抗药性等方面存在差异[1]。其中，一些生物型如B型烟粉虱（即MEAM1隐种）、Q型烟粉虱（即MED隐种）近30年来传入世界各地造成了严重的经济损失。

尽管烟粉虱在我国早有记载，但一直属于一般性农业害虫。自20世纪90年代中后期以来，该虫逐渐成为了我国重要农业害虫。资料表明，烟粉虱的暴发成灾与外来B型烟粉虱、Q型烟粉虱的传入

收稿日期： 2018－07－21　　**修订日期：** 2018－07－23
基金项目： “十三五”国家重点研发计划（2016YFD0201000）；泰山学者青年专家计划（tsqn20161040）
* 通信作者　E-mail：zhangyoujun@caas.cn

密切相关。近10年来，烟粉虱在我国的发生呈现新的特点。本文综述了近10年来我国烟粉虱的发生为害及防治方面的概况，并探讨了今后烟粉虱防控方面的研究内容。

1 烟粉虱的发生为害情况

1.1 烟粉虱田间优势生物型由B型更替为Q型

自20世纪90年代中后期，烟粉虱在我国为害逐年加重，研究表明造成危害的烟粉虱主要是入侵我国的B型烟粉虱[2]。田间调查表明，2008年前在我国造成严重危害的烟粉虱主要是B型烟粉虱[3-5]，由于其危害的严重性而被称为“超级害虫”，该害虫在包括我国在内的许多国家或地区取代了土著烟粉虱种群[6]。

2003年研究者在我国云南首次发现另一种外来入侵的烟粉虱——Q型烟粉虱[3]，随后2007年[4]、2008－2009年[5]、2009年[7]、2009－2010年[8]、2011年[9]，2013—2014年[10]在全国范围内对烟粉虱生物型调查表明：在多数地区B型烟粉虱逐渐被Q型烟粉虱取代。同时，在局部地区长期定点调查也发现了类似现象，如在山东省多点持续多年的田间监测表明，2006年后在番茄、棉花以及其他多种寄主植物上烟粉虱优势生物型由B型更替为Q型[11-12]。上述资料表明，最近10年我国农区烟粉虱的优势生物型已由B型更替为Q型[13]。

1.2 传播植物病毒成为了烟粉虱的重要为害方式

作为媒介昆虫，烟粉虱能传播多种植物病毒，其传播的双生病毒科菜豆金色花叶病毒属 *Begomovirus* 病毒是最为重要的一类病毒[14]。近10年来，对我国农业造成危害最大的病毒番茄黄化曲叶病毒 *Tomato yellow leaf curl virus*（TYLCV）就是该属成员。该病毒给山东、河北、河南、安徽以及江苏等地的番茄产业造成了严重的损失[15]。据不完全统计，TYLCV在我国每年的发生面积超过6.67万 hm^2，造成的经济损失高达20亿美元[16]；据专家预测，该病毒发生面积可能会以年增20%的速度在全国各地蔓延，将对我国的番茄生产造成严重威胁[17]。对2013年全国各地烟粉虱携带TYLCV的情况监测发现，所有烟粉虱番茄种群都携带TYLCV，且12个省市的14个烟粉虱种群个体中TYLCV的带毒率超过50%；对2014年全国各地烟粉虱携带TYLCV监测发现，有8个省市的10个烟粉虱种群个体TYLCV的带毒率超过50%[10]。

在我国，TYLCV病毒的蔓延与Q型烟粉虱的扩散密切相关。首先，TYLCV病毒在田间的蔓延与Q型烟粉虱的扩散趋势相一致。以山东省为例，2005年Q型烟粉虱首次在聊城发现；到2007年Q型烟粉虱成为优势烟粉虱种群。与此同时，TYLCV也自2007年从山东局部地区零星发现到2008年在许多地区广泛危害[13]。其次，田间调查发现Q型烟粉虱携毒率高于B型烟粉虱。例如，对2009年采自我国18个省55个烟粉虱种群2 750个个体进行TYLCV检测，Q型烟粉虱的带毒率（24.4%）显著高于B型（4.2%）[18]。对辽宁各地系统调查也发现类似的现象[19]。再者，Q型烟粉虱的获毒和持毒能力高于B型烟粉虱，传毒频率也显著高于B型烟粉虱[20]。此外，Q型烟粉虱的寄主选择性也有利于该病毒扩散：研究发现未携带TYLCV病毒的B型烟粉虱喜好健康番茄植株，而Q型烟粉虱则喜好感染TYLCV的植株[21]。

除双生病毒外，烟粉虱传播的番茄褪绿病毒 *Tomato chlorosis virus*（ToCV）是近年来给我国蔬菜生产造成严重损失的另一种病毒[22-23]。在我国，2004年首次在台湾地区发现ToCV[24]；2012年在北京市番茄和甜椒植株上首次检测出该病毒[25]，随后在我国各地相继发现其危害。迄今为止，该病毒已在我国番茄主产区的山东、河南、河北、天津以及北京等10多个省市造成严重危害[26]。

2013和2014年对我国烟粉虱携毒监测还发现，只能由烟粉虱以半持久方式传播的瓜类褪绿黄化病毒 *Cucurbit chlorotic yellows virus*（CCYV）在我国传播迅速，到目前为止已扩散至13个省市[10]。

1.3 烟粉虱的抗药性问题逐渐突出

烟粉虱世代重叠严重，须连续用药。杀虫剂可在短时间内快速杀死害虫，压低虫口数量，但烟粉虱体表有蜡粉，繁殖速率快，抗性发展迅速。对我国烟粉虱抗药性监测发现，烟粉虱对有机磷、烟碱类、除虫菊酯类等杀虫剂产生了不同程度的抗药性，使得烟粉虱的防治困难重重[27]。

封云涛[28]系统评估了B型烟粉虱对噻虫嗪产生抗性的风险，并分析了B型烟粉虱对噻虫嗪的抗性机制。Luo等[29]发现北京和新疆等地的烟粉虱种群对吡虫啉比较敏感，而浙江、江苏和湖北地区的烟粉虱却产生了中高抗性。Wang等[5]在上海地区发现吡虫啉中等抗性的种群，在江苏地区通过田间

检测发现 1 个极高吡虫啉抗性种群(抗性高达 1 840 倍),且该地区噻虫嗪的抗性倍数也高达 1 470 倍。2011 年我国 12 个省市 17 个烟粉虱种群大多数对吡虫啉和噻虫嗪产生了不同程度的抗药性,极个别地区(如北京南口种群和浙江杭州种群)已经达到高抗水平[30]。

对于大部分杀虫剂,Q 型烟粉虱比 B 型烟粉虱具有更高的抗药性;尤其是对烟碱类杀虫剂,Q 型烟粉虱的抗药性更强更稳定。这使得 Q 型烟粉虱相比于 B 型烟粉虱更难以防控[29,31-32]。

1.4　化学农药的施用是 Q 型烟粉虱取代 B 型烟粉虱的关键因素

近年来,烟粉虱的灾变与烟粉虱生物型的更替密切相关。而 Q 型烟粉虱取代 B 型烟粉虱与化学农药的大量施用、寄主植物以及与植物病毒的互惠效应等多种因素相关,其中化学农药尤其新烟碱类杀虫剂的施用是 Q 型烟粉虱取代 B 型烟粉虱的关键因素[33]。

烟粉虱不同生物型对化学农药的敏感性存在着差异[28]。研究发现,在没有农药选择压力下,Q 型烟粉虱对新烟碱类杀虫剂的抗性比较稳定,而 B 型烟粉虱的抗性则会急剧下降[34]。没有杀虫剂选择压力的棉花寄主上,B 型烟粉虱具有更高的生存优势[35];化学农药的施用导致 Q 型烟粉虱在与 B 型烟粉虱的竞争取代中获得竞争优势[33]。

寄主植物是影响 B 型与 Q 型烟粉虱竞争取代的重要生态因子,可能在种群更替中也起着一定的作用。国外研究发现在一些杂草上和农作物上 Q 型烟粉虱比 B 型烟粉虱具有更强的生物学优势[36-39]。国内研究发现,在辣椒寄主上 Q 型烟粉虱比 B 型烟粉虱具有更强的生物学优势[40]。在早期田间调查中也发现了 B 型烟粉虱与 Q 型烟粉虱对辣椒适应性不同[41]。将 B 型和 Q 型烟粉虱按各占 50%的比例分别接种到一品红、辣椒、番茄和甘蓝 4 种寄主植物上,结果发现在一品红和辣椒植株上,Q 型烟粉虱分别经过 8 代和 2 代取代了 B 型烟粉虱[18,42]。Q 型烟粉虱在某些寄主上(如辣椒)的适应性强于 B 型烟粉虱有利于其定殖[43-44]。研究发现,B 型与 Q 型烟粉虱对寄主植物的适应机理不同。例如,在应对高浓度的芥子油苷时,B 型烟粉虱的某些解毒酶基因显著上调;而在 Q 型烟粉虱中大多数的解毒酶基因相对于 B 型烟粉虱是持续高表达的;因此,推测应对环境中的各种胁迫,B 型烟粉虱是利用诱导抗性策略,而 Q 型烟粉虱主要采取组成型抗性策略[45]。

在携带 TYLCV 棉花上,TYLCV 对 B 型烟粉虱的生长发育呈现不利作用,而对 Q 型烟粉虱的生长发育呈中性作用[18]。在感染 TYLCV 的番茄植株上,相较健康的番茄植株,TYLCV 显著促进了 Q 型烟粉虱的生长发育,而不利于 B 型烟粉虱的生长发育[18,46]。未感染 TYLCV 的番茄上,B 型烟粉虱经过 5 代取代了 Q 型烟粉虱;在感染 TYLCV 的番茄上,B 型烟粉虱经过 6 代取代了 Q 型烟粉虱,TYLCV 的感染不能逆转番茄植株上 B 型烟粉虱取代 Q 型烟粉虱的方向,但明显减缓了 B 型烟粉虱取代 Q 型烟粉虱的速度[18,46]。烟粉虱与 TYLCV 的互作在一定意义上有助于田间 Q 型烟粉虱取代 B 型烟粉虱。

2　烟粉虱的防控

烟粉虱防控主要包括农业防治[47-48]、生物防治[49-50]、化学防治、物理防治[51]等各种措施。过去 10 多年烟粉虱防控研究表明,对于烟粉虱的防控要多措并举,进行综合治理。同时,烟粉虱的传毒效率极高,繁殖能力极强,为达到“防虫控病”的目的,必须对烟粉虱进行提早预防。因此,基于目前生产需求,中国农业科学院蔬菜花卉研究所组建了以“早期预防,防病控虫”为核心的设施介体昆虫—烟粉虱的综合防控技术体系。内容包括:

隔离:作物定植前清洁田园,并于通风口、门窗处加设 50～60 目防虫网,防止外源害虫迁入。

净苗:育苗房要与生产温室隔开,避免混栽。育苗前清除残株和杂草,必要时用烟剂熏杀残余成虫。

喷淋:作物移栽前,用具有内吸活性的药剂,比如溴氰虫酰胺、噻虫嗪、螺虫乙酯等对苗盘进行喷淋处理。

诱捕:作物定植时,在田间悬挂黄色粘板,每 667 m^2 挂 20 片,色板底部稍高于植株上部叶片,诱捕烟粉虱成虫并监测其发生动态,同时可兼治斑潜蝇、蚜虫等重要害虫。

天敌:当烟粉虱密度较低时(平均 0.1 头/株以下),每 667 m^2 释放丽蚜小蜂 1 000～2 000 头,隔 7～10 d 1 次,共挂蜂卡 5～7 次。

调控:在害虫种群密度达到防治指标时进行药剂防治,烟粉虱的防治指标是成虫 2～5 头/株;注意轮换交替用药,延缓烟粉虱产生抗药性。

1)喷雾法:防治烟粉虱成虫,使用阿维菌素、呋虫胺和氟啶虫胺腈能得到较好的效果;在若虫阶段,溴氰虫酰胺及螺虫乙酯对烟粉虱的防治效果高于吡丙醚;在卵的阶段,溴氰虫酰胺防治效果高于螺虫乙酯,并且螺虫乙酯抗性增长迅速,要注意药剂的使用。

2) 烟雾法:可选用22%敌敌畏烟剂 250 g/667 m^2,或 20%异丙威烟剂 250 g/667 m^2 等,在傍晚收工时将棚室密闭,把烟剂分成几份点燃熏烟杀灭成虫。在应用天敌的棚室,可选用对天敌安全的药剂。

3 展望

近 10 年的研究表明,我国烟粉虱的发生为害呈现出新的特点:我国多数地区烟粉虱的优势生物型由 B 型更替为 Q 型;传播植物病毒(如番茄黄化曲叶病毒、番茄褪绿病毒)成为烟粉虱重要的为害方式;烟粉虱抗药性问题逐渐凸显;化学农药尤其新烟碱类杀虫剂的广泛使用是 Q 型烟粉虱取代 B 型烟粉虱的关键因素。烟粉虱的综合防控措施日益完善,抗药性治理与非化学防控措施受到重视。

过去 10 年尽管我国在烟粉虱发生规律与防控方面取得了长足进展,但是依靠农药防控烟粉虱的现状并未完全改变。杀虫剂不合理使用会导致蔬菜产品受到严重的污染,而且会导致烟粉虱的抗药性不断增强。Q 型烟粉虱已在我国多数地区取代了 B 型烟粉虱成为了田间优势生物型,由于 Q 型烟粉虱对许多杀虫剂的耐药性强于 B 型烟粉虱[5,29,52-53],因此应该注意农药的更替与调整,同一类型的药剂不要连续使用。随着人们对绿色食品的需求,减少使用化学农药的呼声越来越高,环境友好型防治体系的推广应用刻不容缓。

针对烟粉虱传播病毒的危害,常规的化学防治措施往往难以奏效,因此培育抗病品种是最有效、经济、环保的防治方法。抗病毒品种研发时间长,常规育种手段获得抗病毒新品种短时间内也难以实现,应用现代分子生物学手段辅助育种有望培育出对病毒病有抗性的新品种。

参考文献

[1] DE BARRO P J, LIU Shusheng, BOYKIN L M, et al. *Bemisia tabaci*: a statement of species status [J]. Annual Review of Entomology, 2011, 56: 1-19.

[2] 罗晨,姚远,王戎疆,等. 利用 mtDNA COⅠ基因序列鉴定我国烟粉虱的生物型[J]. 昆虫学报,2002,45(6):759-763.

[3] CHU Dong, ZHANG Youjun, BROWN J K, et al. The introduction of the exotic Q biotype of *Bemisia tabaci* (Gennadius) from the Mediterranean region into China on ornamental crops [J]. Florida Entomologist, 2006, 89(2): 168-174.

[4] TENG Xi, WAN Fanghao, CHU Dong. *Bemisia tabaci* biotype Q dominates other biotypes across China [J]. Florida Entomologist, 2010, 93(3): 363-368.

[5] WANG Zhenyu, YAN Haifei, YANG Yihua, et al. Biotype and insecticide resistance status of the whitefly *Bemisia tabaci* from China [J]. Pest Management Science, 2010, 66(12): 1360-1366.

[6] LIU Shusheng, DE BARRO P J, XU Jing, et al. Asymmetric mating interactions drive widespread invasion and displacement in a whitefly [J]. Science, 2007, 318(5857): 1769-1772.

[7] PAN Huipeng, CHU Dong, GE Shaoli, et al. Further spread of and domination by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) biotype Q on field crops in China [J]. Journal of Economic Entomology, 2011, 104(3): 978-985.

[8] HU Jian, DE BARRO P, ZHAO Hua, et al. An extensive field survey combined with a phylogenetic analysis reveals rapid and widespread invasion of two alien whiteflies in China [J]. PLoS ONE, 2011, 6(1): e16061.

[9] LI H R, PAN H P, TAO Y L, et al. Population genetics of an alien whitefly in China: implications for its dispersal and invasion success [J]. Scientific Reports, 2017, 22: 7(1): 2228.

[10] 柳洋. 中国烟粉虱生物型分布、带毒率及抗药性监测[D]. 北京:中国农业科学院, 2015.

[11] CHU Dong, WAN Fanghao, ZHANG Youjun, et al. Change in the biotype composition of *Bemisia tabaci* in Shandong Province of China from 2005 to 2008 [J]. Environmental Entomology, 2010, 39(3): 1028-1036.

[12] CHU Dong, ZHANG Youjun, WAN Fanghao. Cryptic invasion of the exotic *Bemisia tabaci* biotype Q occurred widespread in Shandong Province of China [J]. Florida Entomologist, 2010, 93(2): 203-207.

[13] 褚栋,潘慧鹏,国栋,等. Q 型烟粉虱在中国的入侵生态过程及机制[J]. 昆虫学报, 2012, 55(12):1399-1405.

[14] JONES D R. Plant viruses transmitted by whiteflies [J]. European Journal of Plant Pathology, 2003, 109(3):195-219.

[15] 李会远. 番茄黄化曲叶病毒病的发生与防治[C]//辽宁省植物保护学会,辽宁省昆虫学会 2011 年学术交流研讨会(西安)论文集,2011:125.

[16] 杨悦俭,周国治,王荣青,等. 抗番茄黄化曲叶病毒病品种种植中的问题与对策[J]. 中国蔬菜, 2011(21):1-4.

[17] 吴篆芳,曹坳程,郑建秋,等. 番茄黄化曲叶病毒病研究进展[J]. 作物杂志, 2013(1):18-26.

[18] 潘慧鹏. 烟粉虱 Q 型替代 B 型的生态学机制研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2012.

[19] ZHANG Wanmin, FU Haibin, WANG Wenhang, et al. Rapid spread of a recently introduced *Tomato yellow leaf curl virus* and its vector whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Liaoning

Province (China)[J]. Journal of Economic Entomology, 2014, 107(1): 98 - 104.

[20] PAN Huipeng, CHU Dong, YAN Wenqian, et al. Rapid spread of *Tomato yellow leaf curl virus* in China is aided differentially by two invasive whiteflies [J/OL]. PLoS ONE, 2012, 7(4): e34817.

[21] 方勇. 抗药性对烟粉虱传毒与病毒对烟粉虱寄主选择影响研究[D]. 长沙:湖南农业大学, 2014.

[22] 刘永光, 魏家鹏, 乔宁, 等. 番茄褪绿病毒在山东暴发及其防治措施[J]. 中国蔬菜, 2014(5): 67 - 69.

[23] 周涛, 杨普云, 赵汝娜, 等. 警惕番茄褪绿病毒在我国的传播和危害[J]. 植物保护, 2014, 40(5): 196 - 199.

[24] TSAI W S, SHIH S L, GREEN S K, et al. First report of the occurence of *Tomato chlorosis virus* and *Tomato infectious chlorosis virus* in Taiwan [J]. Plant Disease, 2004, 88(3): 311.

[25] ZHAO R N, WANG R, WANG N, et al. First report of *Tomato chlorosis virus* in China [J]. Plant Disease, 2013, 97(8): 1123.

[26] 魏可可, 李洁, 丁天波, 等. 番茄褪绿病毒在国内外的分布、鉴别方法及粉虱传毒特性的研究进展[J]. 中国蔬菜, 2018(1): 19 - 24.

[27] 杨鑫, 谢文, 王少丽, 等. 北京、山东和湖南地区烟粉虱抗药性及 CYP4v2 和 CYP6CX1 mRNA 水平表达量分析[J]. 植物保护, 2014, 40(4): 70 - 75.

[28] 封云涛. B 型烟粉虱入侵种群对噻虫嗪抗性机理的研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2009.

[29] LUO C, JONES C M, DEVINE G, et al. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* biotype Q (Hemiptera: Aleyrodidae) from China [J]. Crop Protection, 2010, 29(5): 429 - 434.

[30] 杨鑫. Q 型烟粉虱对噻虫嗪抗性机制研究[D]. 长沙:湖南农业大学, 2015.

[31] LI Xianchun, DEGAIN B A, HARPOLD V S, et al. Baseline susceptibilities of B- and Q-biotype *Bemisia tabaci* to anthranilic diamides in Arizona [J]. Pest Management Science, 2012, 68(1): 83 - 91.

[32] XIE Wen, LIU Yang, WANG S L, et al. Sensitivity of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to several new insecticides in China: Effects of insecticide type and whitefly species, strain, and stage [J]. Journal of Insect Science, 2014, 14 (1): 261.

[33] PAN Huipeng, PREISSER E L, CHU Dong, et al. Insecticides promote viral outbreaks by altering herbivore competition [J]. Ecological Application, 2015, 25: 1585 - 1595.

[34] RAUCH N, NAUEN R. Identification of biochemical markers linked to neonicotinoid cross resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae)[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2003, 54(4): 165 - 176.

[35] 武淑文, 王震宇, 吴益东. B 和 Q 型烟粉虱种群竞争与抗药性的关系[J]. 昆虫知识, 2010, 47(6): 1118 - 1122.

[36] 褚栋, 刘国霞, 陶云荔, 等. 烟粉虱 Q 型与 B 型种群动态及其影响因子研究进展[J]. 植物保护学报, 2007(3): 326 - 330.

[37] MUNIZ M, NOMBELA G, BARRIOS L. Within-plant distribution and infestation pattern of the B- and Q-biotypes of the whitefly, *Bemisia tabaci*, on tomato and pepper [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2010, 104(2/3): 369 - 373.

[38] IIDA H, KITAMURA K I. Comparison of egg-hatching rate, survival rate and development time of the immature stage between B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) on various agricultural crops [J]. Applied Entomology & Zoology, 2009, 44(2): 267 - 273.

[39] TSUEDA H, TSUCHIDA K. Reproductive differences between Q and B whiteflies, *Bemisia tabaci*, on three host plants and negative interactions in mixed cohorts[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2011, 141(3): 197 - 207.

[40] CHU Dong, TAO Yunli, CHI H. Influence of plant combinations on population characteristics of *Bemisia tabaci* biotypes B and Q [J]. Journal of Economic Entomology, 2012, 105(3): 930 - 935.

[41] 徐婧, 王文丽, 刘树生. Q 型烟粉虱在浙江局部地区大量发生危害[J]. 植物保护, 2006, 32(4): 121.

[42] PAN Huipeng, PREISSER E L, SU Qi, et al. Natal host plants can alter herbivore competition [J/OL]. PLoS ONE, 2016, 11: e0169142.

[43] 焦晓国. 温度和寄主植物对 B 和 Q 型烟粉虱表型可塑性影响的比较研究[PDR]. 北京:中国农业科学院, 2011.

[44] CHU Dong, TAO Yunli, ZHANG Youjun, et al. Effects of host, temperature and relative humidity on competitive displacement of two invasive *Bemisia tabaci* biotypes[Q and B] [J]. Insect Science, 2012, 19(5): 595 - 603.

[45] ELBAZ M, HALON E, MALKA O, et al. Asymmetric adaptation to indolic and aliphatic glucosinolates in the B and Q sibling species of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae)[J]. Molecular Ecology, 2012, 21: 4533 - 4546.

[46] PAN Huipeng, CHU Dong, LIU Baiming, et al. Differential effects of an exotic plant virus on its two closely related vectors [J]. Scientific Reports, 2013, 3: 2230.

[47] 徐辉. 烟粉虱的危害及防治对策[J]. 农药科学与管理, 2007 (10): 45 - 46.

[48] 桑芝萍, 金建国, 赵建, 等. 烟粉虱发生特点及防治方法[J]. 长江蔬菜, 2011(19): 42 - 43.

[49] 王继红, 张帆, 李元喜. 烟粉虱寄生蜂种类及繁殖方式多样性[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(1): 115 - 123.

[50] 李先伟, 潘明真, 刘同先. BANKER PLANT 携带天敌防治害虫的理论基础与应用[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(4): 890 - 896.

[51] 纠敏, 汪伦记, 李西波, 等. 入侵 B 型与 Q 型烟粉虱的发生及防治对策[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(30): 13252 - 13253.

[52] HOROWITZ A R, KONTSEDALOV S, KHASDAN V, et al. Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance [J]. Archives Insect Biochemistry and Physiology, 2005, 58(4): 216 - 225.

[53] DENNEHY T J, DEGAIN B A, HARPOLD V S, et al. New challenges to management of whitefly resistance to insecticides in Arizona [R]. College of Agriculture and Life Sciences. Vegetable Report, 2005, 31: 144.

(责任编辑: 杨明丽)