

Q 型烟粉虱对不同烟草品种的选择性*

李 毅¹ 林华峰^{1**} 金 鹏¹ 陈德鑫² 李茂业¹

(1. 安徽农业大学植物保护学院 合肥 230036; 2. 中国农业科学院烟草研究所 青岛 266101)

摘 要 【目的】明确 Q 型烟粉虱对不同烟草品种的选择性及与叶背茸毛密度的相关性, 为烟草抗虫品种的选育应用及对该虫的综合治理提供理论依据。【方法】在控制条件下, 进行选择性试验、非选择性试验, 观察发育历期和叶背茸毛数量。【结果】烟草品种对 Q 型烟粉虱成虫选择性、产卵趋性及卵-成虫的发育历期影响显著, 叶背茸毛密度与成虫趋性及产卵量之间具有显著相关性。在供试的 8 个烟草品种中, ‘CF225’、‘CF226’叶背茸毛密度高, Q 型烟粉虱对它们的选择性强, 表示这两个品种的烟草的抗虫性弱; ‘云烟 117’、‘K328(C8)’叶背茸毛密度低, Q 型烟粉虱对它们的选择性弱, 表示这两个品种的烟草的抗虫性强。【结论】选育少毛的烟草品种, 可以提高烟草对 Q 型烟粉虱的抗性, 本结果对烟草抗虫品种的选育有一定的参考价值。

关键词 Q 型烟粉虱, 烟草品种, 选择性, 发育历期, 叶背茸毛密度

The selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* for different varieties of tobacco, *Nicotiana tabacum*

LI Yi¹ LIN Hua-Feng^{1**} JIN Peng¹ CHEN De-Xin² LI Mao-Ye¹

(1. School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Tobacco Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266101, China)

Abstract [Objectives] The selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* (Gennadius) for different varieties of tobacco and the correlation between plant trichome density and host selection were investigated, with the objective of providing a theoretical foundation for screening insect-resistant tobacco varieties and management of this pest. [Methods] Tests to determine the relative host plant preferences and developmental duration of Q-biotype *B. tabaci* with respect to tobacco plants with different trichome densities were performed under controlled conditions. [Results] Host preferences, adult oviposition topotaxis and egg-adult developmental duration were significantly different on different tobacco varieties. Trichome density was significantly correlated with adult host preference and the number of eggs laid. Among the eight tobacco varieties tested, *B. tabaci* exhibited the highest preference for ‘CF225’ and ‘CF226’, which had the highest trichome density, suggesting that these two varieties had low resistance to *B. tabaci*. *B. tabaci* displayed the least preference for ‘Yunyan117’ and ‘K326 (C8)’ which had the lowest trichome density, implying that these two varieties were more resistant to *B. tabaci*. [Conclusion] Breeding tobacco varieties with fewer trichomes could improve their resistance to Q-biotype *B. tabaci*. The results provide a reference for breeding insect-resistant tobacco varieties.

Key words Q-biotype *Bemisia tabaci*, tobacco (*Nicotiana tabacum*) varieties, selectivity, developmental duration, trichome density

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius), 又称棉粉虱或甘薯粉虱, 属半翅目 Hemiptera 粉虱科

Aleyrodidae, 是由至少 31 个外部形态无法区分的隐种组成的物种复合体 (De Barro *et al.* ,

* 资助项目: 中国烟草总公司科研重点项目 (110201202003); 广西壮族自治区烟草公司科技项目专项 (2012-08)

**通讯作者, E-mail: hf.lin@163.com

收稿日期: 2013-10-31, 接受日期: 2014-01-20

2011; Liu *et al.*, 2012)。原先所称的 Q 型与 B 型烟粉虱现被定义为地中海 Mediterranean (MED) 与中东/亚细亚 1 Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1) 隐种 (De Barro *et al.*, 2011), 因其入侵性强、危害重、分布广而广受关注 (Olivera *et al.*, 2001)。为了与前人资料保持一致性、便于论述, 本文仍沿用烟粉虱生物型命名。近年来的研究表明, 在我国大部分地区 (如北京、山东、江苏、湖北等), Q 型烟粉虱逐渐替代了 B 型烟粉虱成为蔬菜、烟草、棉花等作物上的优势生物型 (Teng *et al.*, 2010; 陈冲等, 2011; Pan *et al.*, 2011; 沈媛等, 2011; 王少丽等, 2011)。相对于 B 型烟粉虱, Q 型在某些寄主植物上具有更强的适应性及生物学优势 (Muñiz, 2000; Muñiz and Nombela, 2001); 室内研究也表明, Q 型烟粉虱比 B 型具有更强的获毒、传毒能力 (Pan *et al.*, 2012)。

烟草是我国重要的经济作物。自 2000 年以来, 烟粉虱在山东、河南等烟区发生、为害严重, 对烟叶生产造成较大损失 (王秀芳等, 2010)。我国烟草有许多栽培种, 而国内外有关 Q 型烟粉虱对不同品种烟草的选择性及适应性差异还未见详细报道。因此, 本文研究了 Q 型烟粉虱对不同品种烟草的选择性、在这些品种上的发育存活情况以及烟草叶背茸毛密度与它们的相关性, 可为选育抗虫品种、提高烤烟质量、有效控制烟粉虱为害提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试昆虫 烟粉虱于 2012 年采自安徽省和县蔬菜大棚辣椒作物, 经 mtDNA CO₁ 基因序列测序方法 (罗晨等, 2002) 鉴定为 Q 型烟粉虱。室内以黄瓜为寄主继代饲养, 每连续饲养 3 代进行检查以保证纯度。试验开始时继代种群已连续饲养 12 代。烟粉虱种群在 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 60%~80%, 14L:10D 条件下的养虫室内饲养。

1.1.2 供试植物 烟草 (*Nicotiana tabacum*), 品种为 ‘云烟 117’、‘K326 (E3)’、‘K326 (C8)’、‘贵烟 2 号’、‘贵烟 3 号’、‘CF220’、‘CF225’、

‘CF226’。种子播于经甲基托布津消毒的育苗盘上, 待幼苗长出, 移至钵栽。幼苗用配方营养土 (泥炭:蛭石:有机肥按 6:1:1 体积比混合) 种于直径 120 mm 塑料盆中, 在温室内培养至 5~7 片叶时, 备用。

以上所有烟草品种均为中国农业科学院青岛烟草研究所惠赠。

1.2 试验条件

试验在 $22 \sim 26^\circ\text{C}$, RH 60%~80%, 14L:10D 的人工气候室内进行。

1.3 试验方法

1.3.1 选择性试验 参考 Butler 等 (1983) 方法, 根据实际情况作了部分改进。选 5~7 片真叶的供试无虫烟苗各 8 钵, 摘除下部叶片及顶叶, 只保留倒数第 2~3 片叶, 并使每株所留叶片的叶面积大致相同, 所留叶片均用蒸馏水洗涤, 以除去叶片上的杂质。每个品种各 2 钵放入笼中 ($1\text{ m} \times 0.8\text{ m} \times 0.8\text{ m}$), 用玻璃管取供试的 Q 型烟粉虱成虫 100 头 (雌雄虫各 50 头) 释放到笼内任其自由扩散。接虫后紧闭笼门, 以防成虫逃逸。分别记录每株植物上 24、48、72 h 的成虫数量和 72 h 产卵数量。试验重复 4 次。

1.3.2 非选择性试验 选取生长一致、同一品种的无虫烟苗 8 株随机排列在笼中, 用玻璃管取成对 (雌雄虫比为 1:1) 的供试烟粉虱 100 头在植株间释放, 任其自由取食、产卵。3 d 后剔除成虫, 检测产卵量; 之后统计幼虫数, 计算孵化率; 成虫羽化后记录羽化孔, 统计羽化率。取样方法参照 Meagher (1997), 根据实际情况作了部分修改。每株选取无机械损伤且生长基本一致的烟叶各一片, 随机选取其中 4 片, 用打孔器 (直径 7 mm, 总取样面积为 1.15 cm^2) 在每一叶片上沿叶脉两侧随机打 1 个盘孔 (共 4 个叶盘), 4 个叶盘上的虫量均值作为每株烟草上的平均虫量, 为 1 个重复。试验重复 4 次。

1.3.3 不同烟草品种对 Q 型烟粉虱发育历期影响 将不同品种的同日龄 (5~7 片真叶) 无虫烟苗各 2 钵置于养虫笼内, 接入成虫若干, 使其自由

产卵,以保证各个植株上有充足的卵量,12 h 后去除成虫,查产卵量。选取寄主卵分布均匀的叶片(每品种各一片,为一个处理),每处理标记40~50粒卵(多余卵粒移除),每天观察2次(8:00、20:00)。分别记录发育到1、2、3龄若虫、伪蛹及成虫的数量(若虫龄期的区分参考Thompson(2000)),计算Q型烟粉虱在不同烟草品种上各个虫期的发育历期。试验重复4次。

1.3.4 叶背茸毛密度的测量 72 h 选择性试验结束后,去除成虫,选取无机械损伤且长势基本一致的不同品种烟叶各一片,在紧靠中间段主脉及主脉两侧到叶边缘中间位置各一处共设4个观测点,观测点为1 cm×1 cm的方形,在解剖镜下观测并记录观测点内叶毛数(注意每一次测定的叶毛数量是与同次的选择性试验结果相对应)。试验重复4次。

1.4 数据统计与分析

利用DPS和SPSS统计分析软件(Tang and Zhang, 2013)进行试验数据处理和方差分析。采用最小显著差异法(LSD)进行多重比较各品种间的差异显著性;采用Spearman等级相关分析比较叶背茸毛密度与成虫量、产卵量的相关性。

2 结果与分析

2.1 选择性试验

在不同品种的烟草植株上,Q型烟粉虱成虫数量及产卵量均存在显著差异,并且不同品种烟草的叶背茸毛密度差异也显著(表1)。接虫24、48和72 h后的成虫数量,都是在‘CF220’、‘CF225’及‘CF226’上最多,‘云烟117’、‘K326(C8)’及‘K326(E3)’上最少,‘贵烟2号’、‘贵烟3号’上较适中,并且‘CF220’、‘CF225’、‘CF226’与‘K326(C8)’、‘云烟117’间具有显著差异($F=6.1930$, $df=7$, $P<0.05$);接虫72 h后的产卵量在‘CF220’、‘CF225’、‘CF226’上最多,‘云烟117’、‘K326(C8)’上最少,达到极显著差异($F=27.8220$, $df=7$, $P<0.01$),其余品种上的产卵量适中,差异不显著。‘CF225’、‘CF226’两个品种的叶背茸毛密度明显高于其他品种,而‘K326(E3)’、‘K326(C8)’、‘云烟117’的叶背茸毛密度相对较低。这些结果均表明Q型烟粉虱成虫对此8个烟草品种存在一定的选择趋性和产卵选择性,并且喜好在叶背茸毛密度高的烟草品种上取食产卵。

表1 Q型烟粉虱对不同烟草品种的选择性
Table 1 Selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* to different tobacco varieties

品种 Variety	叶毛密度/个·cm ⁻² Trichome density	成虫数量/头·株 ⁻¹ Adult number			卵粒数/粒·株 ⁻¹ Egg number	
		24 h	48 h	72 h	72 h	
‘CF226’	298.50±4.11a	14.00±1.08a	13.00±0.91ab	13.25±0.85a	109.50±7.56a	
‘CF220’	277.75±8.87b	13.75±1.89a	13.00±1.87ab	13.00±0.91ab	97.50±5.55ab	
‘CF225’	293.75±3.68a	11.50±1.04ab	13.75±2.02a	13.50±2.18a	111.25±5.91a	
‘贵烟2号’	250.00±6.65c	10.25±1.32ab	9.50±1.19bc	9.75±0.85abc	55.75±4.92cd	
‘贵烟3号’	234.50±4.21d	10.00±2.48ab	9.25±0.85bc	9.25±0.84bc	67.50±5.11bc	
‘K326(E3)’	189.25±3.75e	9.50±2.66ab	7.25±0.95cd	6.25±0.63cd	62.00±5.21cd	
‘K326(C8)’	171.00±4.45f	8.25±1.65b	7.75±2.14cd	7.50±1.71cd	40.25±6.42c	
‘云烟117’	168.50±3.88f	4.00±1.35c	4.75±0.48d	4.75±1.11d	30.50±5.85d	

表内数字为平均数±标准误,同一列数据后标有不同字母为LSD多重比较差异显著($P<0.05$)。表2,表3同。

The data are mean±SE and followed by different letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$) by LSD test. The same as Table 2 and Table 3.

2.2 无选择性试验

Q 型烟粉虱成虫在不同烟草品种上的趋性及产卵量具有明显差异性, 但由表 2 可以看出, Q 型烟粉虱卵的孵化率、伪蛹的羽化率在各个烟草品种上的差距并不大, 孵化率最高(97.51%)与最低(92.53%)相差 4.98%, 羽化率最高(90.24%)与最低(82.09%)相差 8.15%。以上结果说明 Q 型烟粉虱成虫一旦在各品种烟草叶片上着落产卵, 便可正常生长发育。

2.3 Q 型烟粉虱在不同烟草品种上的发育历期

虽然烟草品种对 Q 型烟粉虱卵、若虫各个龄期的发育历期影响并不十分显著, 但是卵-成虫的发育历期在不同品种间差异显著(表 3)。从卵至成虫羽化, Q 型烟粉虱在‘CF225’上发育历期最长, 为 21.23 d, 在‘云烟 117’上发育历期最短, 为 19.07 d, 两者相差 2.16 d。在‘CF225’、‘CF226’、‘CF220’上, 卵-成虫发育历期显著高于在‘云烟 117’、‘K326(E3)’、‘K326(C8)’上 ($F=11.0440$, $df=7$, $P<0.05$)。

表 2 Q 型烟粉虱对不同烟草品种的非选择性
Table 2 Non-selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* to different tobacco varieties

品种 Variety	着卵量/粒·cm ⁻² Egg number	孵化率 Hatchability (%)	羽化率 Emergence rate (%)
‘CF226’	27.00±1.78a	94.52	87.67
‘CF220’	24.75±1.38a	97.51	90.24
‘CF225’	27.25±1.65a	96.20	86.08
‘贵烟 2 号’	14.00±1.22bc	96.36	89.09
‘贵烟 3 号’	17.00±1.23b	95.34	88.37
‘K326(E3)’	15.75±1.25b	95.71	85.71
‘K326(C8)’	10.00±1.47cd	93.44	83.61
‘云烟 117’	8.00±1.47d	92.53	82.09

表 3 Q 型烟粉虱在不同烟草品种上的发育历期
Table 3 Developmental durations of Q-biotype *Bemisia tabaci* on different tobacco varieties

品种 Variety	发育历期 Developmental duration (d)					
	卵 Egg	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	伪蛹 Psuedopupa	卵至成虫 Egg to adult
‘CF225’	7.21±0.17a	3.56±0.05ab	3.06±0.09a	3.07±0.15b	4.32±0.14bc	21.23±0.29a
‘CF226’	7.14±0.13a	3.95±0.17a	3.17±0.23a	2.54±0.03c	4.32±0.22bc	20.99±0.24ab
‘贵烟 2 号’	6.82±0.12ab	3.93±0.17a	1.73±0.12de	3.64±0.16a	4.17±0.17bc	20.30±0.20bc
‘CF220’	6.81±0.13ab	3.19±0.11bc	2.52±0.05b	3.28±0.05b	4.79±0.12a	20.60±0.31abc
‘贵烟 3 号’	6.57±0.24bc	3.86±0.10a	1.57±0.10e	3.67±0.13a	4.32±0.11bc	19.99±0.22cd

* 资助项目: 中国烟草总公司科研重点项目(110201202003); 广西壮族自治区烟草公司科技项目专项(2012-08)

**通讯作者, E-mail: hf.lin@163.com

收稿日期: 2013-10-31, 接受日期: 2014-01-20

‘K326(C8)’	6.25±0.10cd	3.08±0.12c	2.14±0.10c	3.97±0.13a	4.06±0.10c	19.37±0.09de
‘K326(E3)’	6.06±0.06d	3.22±0.13bc	2.02±0.05cd	3.94±0.09a	3.93±0.11c	19.16±0.16e
‘云烟 117’	6.58±0.29bc	2.24±0.10c	2.04±0.08cd	3.15±0.12b	4.54±0.14ab	19.07±0.39e

2.4 叶背茸毛密度与 72 h 成虫量、产卵量相关性分析

表 4 表明,8 个烟草品种的叶背茸毛密度与成虫数量的相关性均显著(r_s 值越高表明变量之间相关性越好)。除 K326(E3) 和贵烟二号两个品种的叶背茸毛密度与产卵量相关性不显著($r_s=0.400$)外,其余 6 个烟草品种的叶背茸毛密度与 72 h 产卵量均有显著相关性。

3 讨论

已有的研究结果表明,Q 型烟粉虱在不同寄主植物(甘蓝、黄瓜、番茄、茄子、大豆等)上的生物学习性(产卵量、孵化率、存活率、卵-成虫发育历期等)存在差异(Iida *et al.*, 2009; Tsueda and Tsuchida, 2011)。本研究中选择性试验、非选择性试验、卵-成虫发育历期试验均说明,Q 型烟粉虱在不同烟草品种上的生物学反应存在明显差异。因此,不同寄主植物或同一寄主植物不同品种对 Q 型烟粉虱的选择性及适生性具有明显影响。

本试验结果中发现,Q 型烟粉虱在不同烟草

品种上的选择性及发育历期并不完全一致,Q 型烟粉虱对‘CF225’、‘CF226’的选择性最强,但孵化率及羽化率较适中,发育历期却最长;对‘云烟 117’、‘K326(C8)’的选择性最低,孵化率及羽化率较低,发育历期却最短。类似的结果也出现在其对茄子品种的选择性(孔海龙等, 2013)及 B 型烟粉虱对大豆品种的选择性(郭玉玲等, 2007)试验中。

有关烟草对烟粉虱的抗性机制主要有外部物理结构和内部化学物质两个方面(Chu, 2001; 任广伟, 2011)。叶背茸毛密度是物理抗性的重要组成部分,也是品种的特征数量性状之一。Van (1995) 在试验中发现,半毛的黄瓜杂交种并不是一个好的寄主植物;De Ponti 等(1990)究发现丽蚜小蜂行走速度在半毛和无毛的植株上显著增加,可以直接找到寄主,从而提高其防治烟粉虱的效果。相对于少毛或是叶片光滑的品种,多毛品种更适合害虫的种群增长(Lukefahr *et al.*, 1970, 1971; 刘学义等, 1994)。本试验中,8 个品种烟草叶背茸毛密度与对应的 72 h 成虫量均成正相关,6 个品种与对应的 72 h 产卵量相关性显著。植株上成虫多、着卵量多的

表 4 叶背茸毛密度与 72 h 成虫量及产卵量相关性分析

Table 4 The correlation analysis between trichome density and the number of 72 h adult and egg laying

品种 Variety	72 h 成虫量&叶背茸毛密度 The number of 72 h adult & trichome density		72 h 产卵量&叶背茸毛密度 The number of 72 h egg laid & trichome density	
	Spearman 相关系数 r_s		Spearman 相关系数 r_s	
	SE (标准误)		标准误 SE	
‘云烟 117’	0.800*	0.499	1.000**	0.000
‘贵烟二号’	1.000**	0.000	0.400	0.676
‘贵烟三号’	0.949*	0.069	1.000**	0.000
‘K326(C8)’	0.800*	0.499	0.800*	0.496
‘K326(E3)’	0.949*	0.071	0.400	0.698
‘CF220’	1.000**	0.000	0.800*	0.471
‘CF225’	0.949*	0.069	1.000**	0.000

'CF226'	1.000**	0.000	0.800*	0.477
---------	---------	-------	--------	-------

**表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关 ; *表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。SE 为 Bootstrap 法重复抽样样本的标准误。

** means significant correlation at the 0.01 level (bilateral); * means significant correlation at the 0.05 level (bilateral). SE is the standard error of the stratified samples by bootstrap method.

品种叶背茸毛密度较高, 如 'CF225' (293.75 个/cm²) 、 'CF226' (298.50 个/cm²); 植株上成虫少、着卵量少的品种叶背茸毛密度较低, 如 '云烟 117' (168.50 个/cm²) 、 'K326 (C8) ' (171.00 个/cm²) 。另外, 在解剖镜下观察卵时发现, 多数卵位于叶脉附近叶毛较多的位置。

综上所述, 'CF225'、'CF226'两个品种的烟草叶背茸毛密度高, Q 型烟粉虱对它们的选择性强, 这两个品种的烟草的抗虫性弱; '云烟 117'、'K328 (C8) '两个品种的烟草叶背茸毛密度低, Q 型烟粉虱对它们的选择性弱, 这两个品种的烟草的抗虫性强。因此, 在烟草品种的选育中, 培育少毛的品种, 可对烟粉虱的抗性起到一定作用。有关叶背茸毛密度对烟粉虱选择寄主是否起主要作用、其有无其他生化抗虫性需进一步深入研究。

参考文献 (References)

- Butler GD Jr., Henneberry TJ, Clayton TE, 1983. *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Apherlinidae): development, oviposition and longevity in relation to temperature. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, (76): 310–313.
- Chu CC, Freeman TP, Buckner JS, 2001. Susceptibility of upland cotton cultivars to *Bemisia tabaci* biotype B (Hymenoptera: Apherlinidae) in relation to leaf age and trichome density. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 94 (5): 743–749.
- De Barro PJ, Liu SS, Boykin LM, Dinsdale A, 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. *Annu. Rev. Entomol.*, 56 (1): 1–19.
- De Ponti OMB, Romanow LR, Berling MJ, 1990. Whitefly-plant relationships: Plant resistance// Gerling D (ed.). *Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management* Intercept Ltd., Andover. UK. 348.
- Iida H, Kitamura T, Honda HI, 2009. 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. *Appl. Entomol. Zool.*, 44 (2): 267–273.
- Lukefahr MJ, Cowan CB, Honghtaling JE, 1970. Field evaluation of

- improved cotton strains resistance to the cotton fleahopper. *J. Econ. Entomol.*, 63 (4): 1101–1103.
- Lukefahr MJ, Honghtaling JE, Graham HM, 1971. Suppression of *Heliothis* population with glabrous cotton strains. *J. Econ. Entomol.*, 64 (2): 486–488.
- Liu SS, Colvin J, De Brro PJ, 2012. Species concepts as applied to the whitefly *Bemisia tabaci* systematics: how many species are there? *J. Integr. Agr.*, 11 (2): 176–186.
- Meagher Jr RL, Smith CW, Smith WJ, 1997. Preference of gossypium genotypes to *Bemisia argentifolii* (Hymenoptera: Apherlinidae). *J. Econ. Entomol.*, 90(4): 1046–1052.
- Olivera MRV, Henneberry TJ, Anderson P, 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.*, 20 (9): 709–723.
- Muñiz M, 2000. Host suitability of two biotypes of *Bemisia tabaci* on some common weeds. *Entomol. Exp. Appl.*, 95 (1): 63–70.
- Muñiz M, Nombela G, 2001. Differential variation in development of the B-and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on sweet pepper at constant temperatures. *Environ. Entomol.*, 30 (4): 720–727.
- Pan HP, Chu D, Ge D, Wang S, Wu Q, Xie W, Jiao X, Liu B, Yang X, Yang N, Su Q, Xu B, Zhang Y, 2011. Further spread of and domination by *Bemisia tabaci* biotype Q on field crops in China. *J. Econ. Entomol.*, 104 (3): 978–985.
- Pan HP, Chu D, Yan WQ, Su J, Liu BM, Wang SL, Wu QJ, Xie W, Jiao XG, Li RM, 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 whiteflies. *PLoS ONE*, 7 (4): e34817.
- Thompson WMO, 2000. Development, morphometrics and other biological characteristics of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) on cassava. *Insect Sci. Appl.*, 20 (4): 251–258.
- Teng X, Wan FH, Chu D, 2010. *Bemisia tabaci* biotype Q dominates other biotypes across China. *Fla. Entomol.*, 93 (3): 363–368.
- Tsueda H, Tsuchida K, 2011. Reproductive differences between Q and B whiteflies, *Bemisia tabaci*, on three host plants and negative interactions in mixed cohorts. *Entomol. Exp. Appl.*, 141 (3): 197–207.
- Tang QY, Zhang CX, 2013. Data processing system (DPS) software with experimental design, statistical analysis and data mining

- developed for use in entomological research. *Insect Sci.*, 20 (2): 254–260.
- Van Lenteren JC, Kamerman JW, Xu RM, 1995. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) XXVI. Leaf hairs reduce the capacity of *Encarsia* to control greenhouse whitefly on cucumber. *J. Appl. Entomol.*, 119 (1): 553–559.
- 陈冲, 马娟, 王欣茹, 覃春华, 李建洪, 2011. 湖北省烟粉虱生物型鉴定. 应用昆虫学报, 48 (1): 22–26. [Chen C, Ma J, Wang XR, Qin CH, Li JH, 2011. The identification of biotypes of *Bemisia tabaci* in Hubei province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48 (1): 22–26.]
- 沈媛, 杜予州, 任顺祥, 邱宝利, 2011. 江苏地区烟粉虱生物型演替研究初报. 应用昆虫学报, 48 (1): 16–21. [Shen Y, Du YZ, Ren SX, Qiu BL, 2011. Preliminary study of succession of *Bemisia tabaci* biotypes in Jiangsu province, China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48 (1): 16–21.]
- 郭玉玲, 庞淑婷, 施祖华, 叶云, 2007. B 型烟粉虱对 12 个大豆品种的选择及适生性研究. 植物保护, 33 (5): 80–84. [Guo YL, Pang ST, Shi ZH, Ye Y, 2007. Studies on selectivity and fitness of B biotype *Bemisia tabaci* to different varieties of soybeans, *glycine max* merrill. *Plant Protection*, 33 (5): 80–84.]
- 孔海龙, 周奋启, 尤希宇, 胡荣利, 吕敏, 吴琳, 祝树德, 2013. Q 型烟粉虱对 20 个茄子品种的选择性. 植物保护, 39 (2): 67–71. [Sun HL, Zhou FQ, You XY, Hu RL, Lv M, Wu L, Zhu SD, 2013. The selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* for twenty varieties of eggplant, *solanum melongena*. *Plant Protection*, 39 (2): 67–71.]
- 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. [Luo C, Yao Y, Wang RJ, Yan FM, Hu DX, Zhang ZL, 2002. The use of mitochondrial cytochrome oxidase (mt CO I) gene sequences for the identification of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. *Acta Entomologica Sinica*, 45 (6): 759–763.]
- 刘学义, 李淑香, 1994. 大豆对红蜘蛛抗性研究. 山西农业大学学报, 14 (4): 391–393. [Liu XY, Li SX, 1994. The resistance research of soybean on red spider. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 14 (4): 391–393]
- 任广伟, 王新伟, 王秀芳, 陈丹, 2011. 烟草对烟粉虱的抗性与烟草化学成分的相关性. 应用昆虫学报, 48 (4): 948–955. [Ren GW, Wang XW, Wang XF, Chen D, 2011. Correlations between resistance of tobacco to tobacco whitefly and chemical components of tobacco leaves. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48 (4): 948–955.]
- 王秀芳, 任广伟, 王新伟, 管恩森, 2010. 烟粉虱在山东烟区的发生动态及危害调查. 植物保护, 36 (3): 145–147. [Wang XF, Ren GW, Wang XW, Guan ES, 2010. Dynamics of whitefly and damage investigation in Yantai of Shandong. *Plant Protection*, 36 (3): 145–147]
- 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检测. 应用昆虫学报, 48 (1): 27–31. [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.]