应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2015, 52(1): 124–134. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2015.013

江苏地区烟粉虱发生危害及其生物型监测*

蔡 力** 许丽丽 杜以梅 杜予州***

（扬州大学园艺与植物保护学院暨应用昆虫研究所，扬州 225009）

摘 要 **【目的】** 随着 Q 型和 B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci*（Gennadius）在全世界范围内的传播和入侵，两种入侵烟粉虱的发生危害和种群扩张越来越受到人们的关注。本文对 2010—2013 年江苏省内烟粉虱的发生危害程度及其生物型的分布进行了全面的调查研究。**【方法】** 应用室内镜检鉴定烟粉虱的发生危害程度，同时结合 mtCO Ⅰ分子标记快速检测法鉴定烟粉虱的生物型。**【结果】** 从时间来看，烟粉虱的发生危害程度在 2011 年最严重，而在 2013 年最低，呈“先上升后下降”的趋势。从不同地区来看，苏南和苏北地区呈现出“先上升后下降”的趋势，而苏中地区与之相反。从寄主来看，烟粉虱在茄子，黄瓜和南瓜上的发生危害程度最严重。**【结论】** 烟粉虱在江苏省内的发生危害程度因时间，地区和寄主的不同而差异显著，这种差异与烟粉虱不同生物型之间的竞争取代没有直接联系。虽然 Q 型烟粉虱在江苏省内占据了优势地位，但是 B 型烟粉虱在苏南和苏北地区仍然占据了一定的比例，并且有逐步上升的趋势。

关键词 烟粉虱，生物型，发生危害，取代，江苏

Monitoring of biotypes and occurrence of *Bemisia tabaci* in Jiangsu Province, China

CAI Li** XU Li-Li DU Yi-Mei DU Yu-Zhou ***

(School of Horticulture and Plant Protection & Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract **[Objectives]** Biotypes Q and B are two of the most prevalent cryptic species of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleypdidae) and have consequently been the focus of considerable research as this pest has spread rapidly around the world. In an extensive field survey of the *B. tabaci* complex throughout Jiangsu Province from 2010 to 2013, we investigated the occurrence and distribution of these two whiteflies in Jiangsu Province. **[Methods]** Microscopic examination was used to detect crop damage caused by *B.tabaci*, and a rapid test for identifying biotypes was conducted based on the mtCO Ⅰ gene. **[Results]** Crop damage first increased in 2011 then decreased in 2013. Similarly, damage also first increased then declined in South and North Jiangsu, but in the Central Jiangsu the opposite trend was apparent. Moreover, damage to eggplant, cucumber and pumpkin crops was relatively high. **[Conclusion]** The results show that the abundance of *B. tabaci* differs from year to year in different regions and on different hosts. The resultant differences in crop damage have no direct relationship to the population dynamics of the two whitefly biotypes. Although biotype Q has replaced biotype B as the dominant biotype in Jiangsu Province, we still could detect a small, but gradually increasing, proportion of biotype B in southern and northern Jiangsu.

Key words *Bemisia tabaci*, biotype, occurrence and damage, Jiangsu Province

---

* 资助项目 Supported projects：公益性行业（农业）科研专项（201303019, 200803005）

**第一作者 First author，E-mail: 1408647@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail: yzdu@yzu.edu.cn

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

烟粉虱 *Bemisia tabaci*（Gennadius）广泛分布于全球 90 多个国家和地区，是蔬菜和园林花卉等植物的重要害虫之一，也是许多植物病毒最重要的传播媒介之一（De Barro，1995；Oliverira *et al.*，2001）。近年来，随着分子标记技术的不断发展，研究者们利用 RAPD（Random amplified polymorphic DNA）、AFLP（Amplified fragment length polymorphism）、ITS（rDNA ITS）、线粒体 COⅠ（mtDNA COⅠ）和微卫星序列等不同的分子标记来研究烟粉虱的遗传结构。至今为止，烟粉虱复合种在世界范围内至少含有 28 个隐种，其中的 B 型烟粉虱（也称 Middle East-Asia Minor 1）和 Q 型烟粉虱（也称 Mediterranean）在全球范围内为害最严重，入侵性最强（Dinsale *et al.*，2010；De Barro and Ahmed，2011；Hu *et al.*，2011；Liu *et al.*，2012）。

在我国，早在 20 世纪 40 年代就已经有烟粉虱的记载（周尧，1949），但一直都不是重要的经济害虫，直到 1997 年 B 型烟粉虱在广东省布局地区大爆发，造成了严重的经济损失，人们才开始意识到烟粉虱的危害性（陈连根，1997；罗晨等，2002）。在随后的 10 年中，B 型烟粉虱随着园林花卉的运输迅速的传播到我国的各个省市地区，爆发成灾（罗晨等，2000；褚栋等，2006）；在北京和江苏，烟粉虱对黄光、番茄、茄子的危害损失，严重时可达七成以上（赵莉等，2000；张芝利和罗晨，2001；周福才等，2003；孙伟等，2005）。到 2011 年为止，我国有 26 个省检测到了 B 型烟粉虱，并且发现在南部及东南沿海地区 B 型烟粉虱占据主导地位（沈媛等，2010；Hu *et al.*，2011；任顺祥等，2011）。Q 型烟粉虱是继 B 型烟粉虱之后的又一种“超级”烟粉虱，目前广泛的分布于全球十多个国家和地区（Horowitz *et al.*，2003；Bethke *et al.*，2009；De Barro *et al.*，2011）。我国于 2003 年在云南昆明市的猩猩木 *Euphorbia pulcherrima* 上首次发现 Q 型烟粉虱入侵（褚栋等，2005）。而在随后的数年之内，便在我国华北，华中以及华南的 25 省市地区检测到了 Q 型烟粉虱的存在，如黑龙江、北京、湖北、湖南、贵州、河南、安徽、浙江、江苏、福建、广东、广西等（徐靖等，2006；付海滨等，2007；徐文华等，2007；沈媛等，2010，沈媛等，2011；Hu *et al.*，2011；任顺祥等，2011；许丽丽等，2014）。

随着 Q 型烟粉虱的入侵与传播，B 型烟粉虱和土著种烟粉虱的数量在急剧的减少。Guo 等（2012）报道，2007 年以前，B 型烟粉虱在中国大多数省份占优势地位，2007 年以后 B 型烟粉虱的数量明显增加，并且在中国 11 个省变为优势生物型。Hu 等（2011）报道，在我国几乎所有的省份都发现了 Q 型烟粉虱，并且 Q 型烟粉虱在长江流域和东部沿海区域占据优势地位。许丽丽等（2014）检测了 2010 和 2011 年采自我国 9 个省（市）的烟粉虱样本，在这些地区主要的生物型为 B 型和 Q 型，同时也检测到 ZHJ-1 型、ZHJ-1 型、An 型和 Nauru 型。Chu 等（2010）报道，在山东省，2005 年只有在济南和聊城发现了少量的 Q 型烟粉虱，然而到 2008 年，Q 型烟粉虱在所检测的山东 6 个市已经基本取代了 B 型烟粉虱，成为了优势生物型。同样在在江苏省，从 2005 年发现 Q 型烟粉虱入侵到 2009 年 Q 型烟粉虱基本取代 B 型烟粉虱也只用了短短的 4 年时间（沈媛等，2011）。此外，研究者们发现，B 型和 Q 型烟粉虱之间的竞争取代机制主要涉及到寄主适应能力的差异（黄小玲等，2010；郭建英等，2011）、非对称交配互作（Liu *et al.*，2007）、高温逆境适应能力差异（王艳敏等，2011）、药剂敏感性差异（武淑文等，2010）和内共生菌的增强（Kontsedalov *et al.*，2008）。值得注意的是，B 型和 Q 型烟粉虱的种群演替以及它们之间的特性差异，对其在田间的发生危害程度有着一定的影响，但是对于这种取代是否影响其发生危害程度却鲜有报道。为了进一步明确江苏省内 B 型和 Q 型烟粉虱的发生分布及危害情况，我们从 2010 年到 2013 年对江苏省内 13 个地级市农田生态系统内烟粉虱的发生危害进行了调查，并对烟粉虱的生物型演替进行了监测。

1 材料与方法

1.1 样本采集

在烟粉虱发生盛期，对江苏省 13 个地级市所辖部分市（区、县）农田、公园、公共绿地的农作物、园艺作物、杂草进行调查。调查时，从田间随机选取烟粉虱寄主植物，采回寄主植物叶片 10 张（如植株较高大，按上部采 3 片叶、中部采 4 片叶、下部采 3 片叶；如植株较小，上、下各采 5 片叶），将叶片带回实验室进行镜检。在采集叶片样本的同时用吸虫管采集烟粉虱样本，并将所采集到的标本直接浸泡于 1.5 mL 装有无水乙醇的 Eppendorf 管中，保存在－20℃ 冰箱中备用。

1.2 发生危害等级鉴定

当烟粉虱发生数量小时，在解剖镜下全叶镜检观察，分别统计每张叶片上的烟粉虱卵、若虫和蛹的数量，并用坐标纸测量叶面积；当烟粉虱发生数量大时，在解剖镜下每叶按 5 点（大叶片）或 3 点（小叶片）取样进行观察，每点为 1 cm^2，分别统计每点上的烟粉虱卵、若虫和蛹的数量，然后折算成每 1 张叶片的平均虫量。具体分级如下：

1. 将烟粉虱的危害程度划分为 5 级；
2. 设定 1 个标准叶面积为 10 cm^2。调查时，将调查叶片的平均叶面积换算为标准叶面积；
3. 以 1 个标准叶面积上的平均烟粉虱数量（卵、若虫和伪蛹的总数量）为分级单位，即虫量（头）/标准叶面积；
4. 分级标准（平均虫量（头）/标准叶面积）：0 级为无虫，1 级≤1，2 级为 2~3，3 级为 4~6，4 级≥7，分别记为无虫记为“-”，“+”，“++”，“+++”，“++++”。

1.3 烟粉虱生物型鉴定

1.3.1 烟粉虱 DNA 提取 每个样本选取 10 头烟粉虱个体，将烟粉虱个体置于含 60 μL 碱裂解（50 mmol/L Tris-HCl [pH 8~10]，20 mmol/L NaCl，1 mmolP/L EDTA，1% SDS）的 0.2 mL 的离心管中。DNA 提取方法，参照褚栋等（2006）。

1.3.2 COⅠ分子标记快速检测法 本文引用了福建省农业科学院植物保护研究所申请的专利“烟粉虱生物 B 型和 Q 型特异性引物和快速鉴定方法”，专利号 201110413571。该方法主要针对 B 型和 Q 型分别设计了 2 对特异性引物，构建了一套适合烟粉虱生物型快速鉴定的双引物 PCR 扩增体系。

1.3.2.1 扩增 mtDNA COⅠ基因的引物

1. Q 型烟粉虱特异性引物，引物序列如下：

上游引物 Q1：5′-CTAGGGTTTATTGTTTGAGGTCATCATATATTC-3′；下游引物 Q2：5′-AATATCGACGAGGATTCCCCCT-3′。

2. B 型烟粉虱特异性引物，引物序列如下：

上游引物 B1：5′-CTAGGGTTTATTGTTTGAGGTCATCATATATTC-3′；下游引物 B2：5′-AATATCGACGAGGATTCCCCCT-3′。

1.3.2.2 双引物扩增反应体系 本实验的扩增反应体系见表 1。PCR 反应程序是先 94℃预变性 3 min；然后进行 32 个如下循环：94℃变性 30 s，63℃退火 50 s，72℃ 延伸 50 s；最后是 72℃延伸 10 min。反应产物保存于 4℃。

表 1 双引物扩增反应体系 (25 μL)
Table 1 Polymerase chain reaction system of double primers (25 μL)

反应物 Reactant	体积 Volume
10×buffer	2.5 μL
dNTPs（每种 10mmol/L）	1 μL
上游引物（20 μmol/L）(Q1、B1)	1 μL
下游引物（20 μmol/L）(Q2、B2)	1 μL
ddH_2O	14 μL
rTaq 酶	0.5 U
DNA 模板	2 μL

1.3.2.3 扩增产物检测 扩增反应结束后，取 5 μL PCR 产物，加 1 μL 左右上样缓冲液，混合均匀。在 0.5×TBE 缓冲液配制的 1%琼脂糖凝胶孔中加样，用 DNA Marker DL2000 作为分子量标

准参照物，在 120 V 恒压条件下电泳，至溴酚兰接近胶板前缘时停止电泳。将凝胶置于凝胶成像系统中观察结果并拍照记录。

如果能特异性的扩增出 477 bp 产物时，即判断出生物 B 型，如能扩增出 300 bp 产物时，则判断为生物 Q 型，详见图 1。

2　结果与分析

2.1　江苏烟粉虱发生危害程度

2010—2013 年，我们分别调查了江苏省 13 个地级市的 39、65、64 和 60 个位点，调查的寄主植物包括豆科、茄科、葫芦科、锦葵科等 8 个科共 32 种（变种）（表 2）。

烟粉虱在江苏省不同年份危害程度差异明显。在过去的 4 年中，烟粉虱的发生危害程度呈“先上升后下降”的趋势。2011 年烟粉虱的危害最严重，受害程度达到 4 级的寄主植物比例高达 37.07%，是 4 年中比例最高的；而 2013 年烟粉虱发生危害程度是过去 4 年中最低的，不仅受害程度达到 4 级的寄主植物只有 19.23%，而且受害程度为 0 级和 1 级的寄主植物的比例也相对较高，分别为 18.68%和 42.86%（图 2：A）。

从不同地区来看，苏南、苏中和苏北 3 个地区的发生为害动态差异明显。苏南地区和苏北地区的发生为害动态与全省的趋势一致，呈现出“先上升后下降”的趋势。苏南地区 2010 年的受害程度达 4 级的寄主植物比例为 20.00%，2011 年上升到 55.74%，2012 年开始下降到 25.49%，2013 年继续下降到 17.86%；而受害程度为 1 级

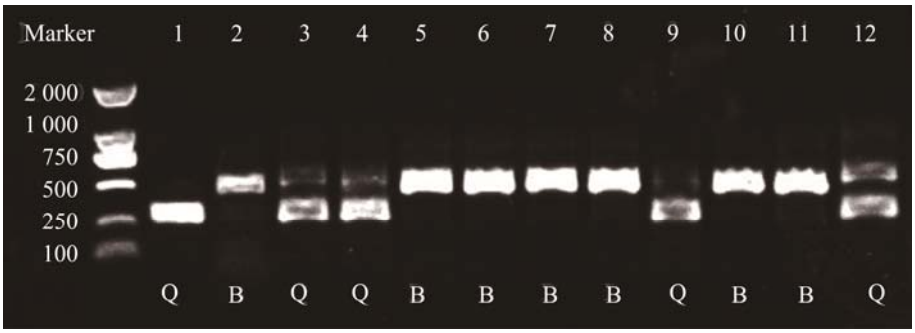

图 1　12 个烟粉虱的双引物扩增带

Fig. 1　Bands of amplification through electrophoresis for 12 *Bemisia tabaci* with two primers

1、3、4、9和13号泳道为Q型烟粉虱；2、5、6、7、8、10和11号泳道为B型烟粉虱。

Lane 1, 3, 4, 9 and 13 are biotype Q; Lane 2, 5, 6, 7, 8, 10 and 11 are biotype B.

表 2　样本采集信息

Table 2　Information for sample collection

采集时间 Collection date	地点数 Location number	寄主数 Host number	样本个体数 Individual number	Q 型比例（%） Percentage of Q type	B 型比例（%） Percentage of Q typeB
2010	39	16	1237	78.4	21.6
2011	65	27	2276	84.7	15.3
2012	64	32	1140	91.3	8.7
2013	60	27	1120	86.2	13.8

的寄主植物比例则是从 2010 年（46.67%）开始下降，2011 年达到最低（16.39%），随后 2012 和 2013 年逐步上升（52.94%和 53.57%）（图 2：B）。苏北地区的发生为害动态与苏南的相仿（图 2：C）。然而苏中地区的发生动态呈现出“先下降，后上升，再下降”的趋势。2010 年受害程度为 4 级的寄主植物比例最高，为 42.31%，2011 年下降到 23.38%，2012 年上升到 32.79%，2013 年再次降低到 19.61%（图 2：D）。

从寄主方面来看，我们分别从受害等级 0 级到 4 级的寄主中选出 6 种寄主植物，包括茄子、南瓜、辣椒、黄瓜、葎草和大豆。我们统计了 2013 年烟粉虱在这 6 种不同寄主植物上的危害情况（图 3），进而来研究烟粉虱在不同寄主植物的危害程度以及喜好性。

从图 3 我们可以看出，烟粉虱对 6 种寄主植物的危害程度不一，其中以茄子受害最为严重，大豆最轻，受害程度依次为茄子>黄瓜>南瓜>辣椒>葎草>大豆。受害等级达到 3 级和 4 级的茄子分别占据了 10.00%和 43.33%，相对较高；黄瓜的受害等级以 1 级和 4 级为主，分别是 45.45%和 36.36%；南瓜和辣椒的受害等级分布也主要集中在 1 级和 4 级，分别是 52.22%和 24.00%，53.33%和 13.33%。葎草受到的危害并不严重，主要受害等级在 0~3 之间，其中以 1 级最多（56.28%），没有出现 4 级的。大豆是 6 种寄主植物种受害最轻的，只有 5.00%的大豆的受害等级达到了 2 级以上。

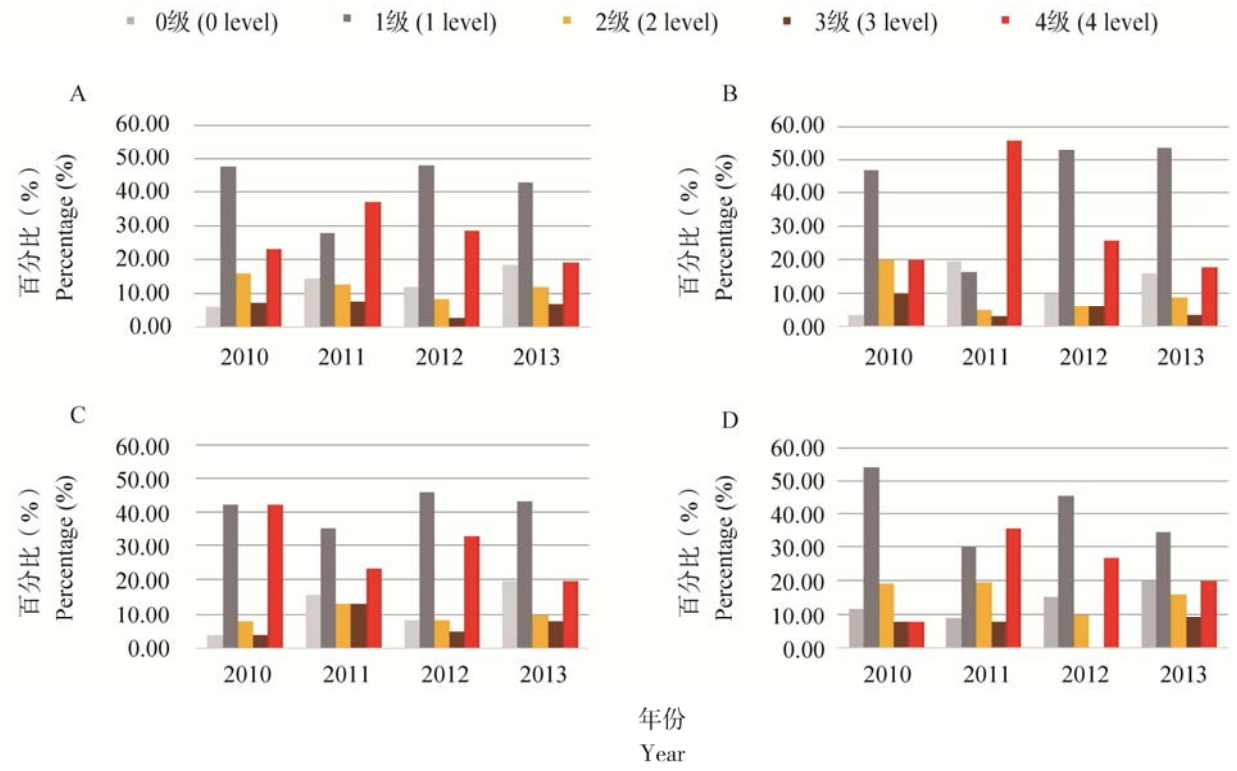

图 2　2010-2013 年江苏地区烟粉虱发生危害程度

Fig. 2　The harm extent of *Bemisia tabaci* of Jiangsu Province from 2010 to 2013

A. 2010—2013 江苏地区烟粉虱发生危害程度；B. 2010—2013 江苏苏南地区烟粉虱发生危害程度；C. 2010—2013 江苏苏中地区烟粉虱发生危害程度；D. 2010—2013 江苏苏北地区烟粉虱发生危害程度。

A. The harm extent of *Bemisia tabaci* of Jiangsu Province from 2010 to 2013; B. The harm extent of *Bemisia tabaci* of south Jiangsu from 2010 to 2013; C. The harm extent of *Bemisia tabaci* of central Jiangsu from 2010 to 2013; D. The harm extent of *Bemisia tabaci* of north Jiangsu from 2010 to 2013.

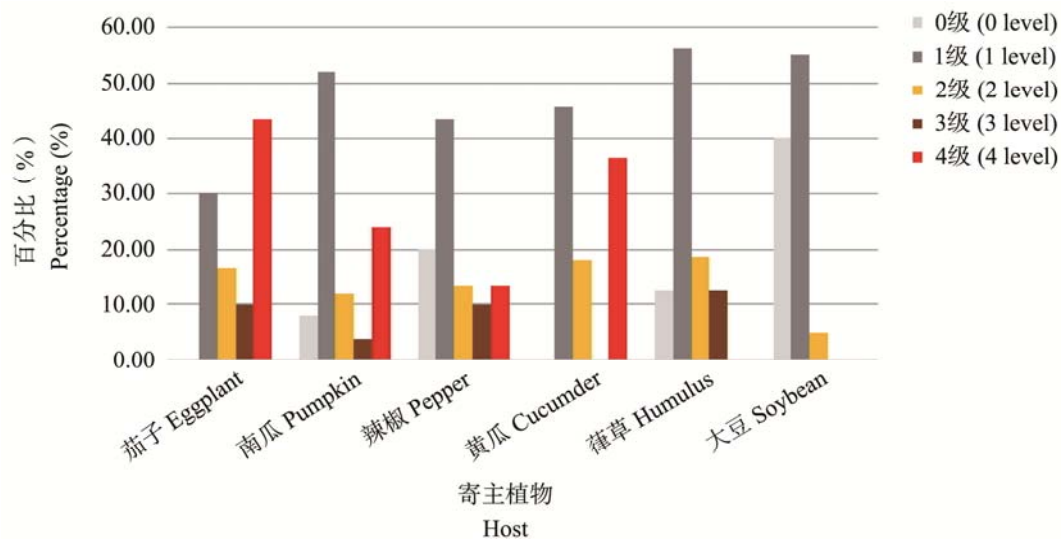

图 3　2013 年江苏省主要烟粉虱寄主发生危害程度

Fig. 3　The harm extent of the hosts of *Bemisi tabaci* in Jiangsu in 2013

2.2　江苏地区烟粉虱生物型监测

2.2.1　2010—2013 年烟粉虱生物型演替　2010—2013 年，我们共检测了 5 753 头烟粉虱个体，其中 Q 型烟粉虱占据主导地位（78.4%~91.5%），B 型烟粉虱的比例只有 8.5%~17.9%（图 4：A）。但值得注意的是，虽然 B 型烟粉虱所占的比例不高，但在很多地点检测到了 B 型烟粉虱，如苏州、无锡、常州、镇江、泰州，宿迁和徐州，并且在无锡的宜兴，B 型烟粉虱的比例不仅没有减少，反而由 2010 年的 39.7%上升到 2013 年的 53.7%。这些检测数据说明，B 型烟粉虱在江苏一些地区依然存在，并没有完全被 Q 型烟粉虱所取代。

从江苏的不同地区来看，Q 型烟粉虱在苏南，苏中和苏北所有地区都能检测到，其中在苏中地区的比例最高，分布较为均匀；而 B 型烟粉虱主要分布在苏南和苏北地区，苏中地区很少检测到，并且苏南地区 B 型烟粉虱的比例有逐上升的趋势（图 4：B）。

2.2.2　不同生物型烟粉虱的寄主选择性　许多研究表明，烟粉虱不同生物型对不同的寄主植物喜好程度不一，但大多数研究都是在实验室条件下完成的。为此，我们从所调查的寄主植物中选出 8 种主要寄主植物（棉花，黄瓜，茄子，番茄，黄瓜，南瓜，辣椒，包菜和葎草），统计这些寄主上烟粉虱的生物型比例（图 5）。

由图 5 可见，Q 型和 B 型烟粉虱在不同寄主上的比例各异，其中在包菜上所有检测的个体均为 B 型烟粉虱，而在辣椒上的 98.4%为 Q 型烟粉虱，只有 1.6%的个体为 B 型烟粉虱。此外，在其余 6 种寄主植物上的 Q 型烟粉虱所占的比例也明显高于 B，分别是葎草（86.7%）>棉花（85.0%）>番茄（81.7%）>茄子（77.9%）>黄瓜（75.8%）>南瓜（74.3%），而 B 型烟粉虱的比例顺序与其相反。这一结果说明，Q 型和 B 型烟粉虱对寄主植物喜好程度具有一定的差异，而且我们的结果与过去报道的室内研究结果基本一致。

3　小结与讨论

自 2001 年在扬州仪征花卉生产基地的一品红上首次发现 B 型烟粉虱之后，烟粉虱在江苏地区迅速扩散危害，造成了严重的经济损失（周福才等，2002；孙伟等，2005）。而自从 2005 年在江苏省内检测到 Q 型烟粉虱后，Q 型烟粉虱的种群数量便逐年递增，而 B 型烟粉虱的数量逐年递减，到 2009 年 Q 型烟粉虱在江苏省内基

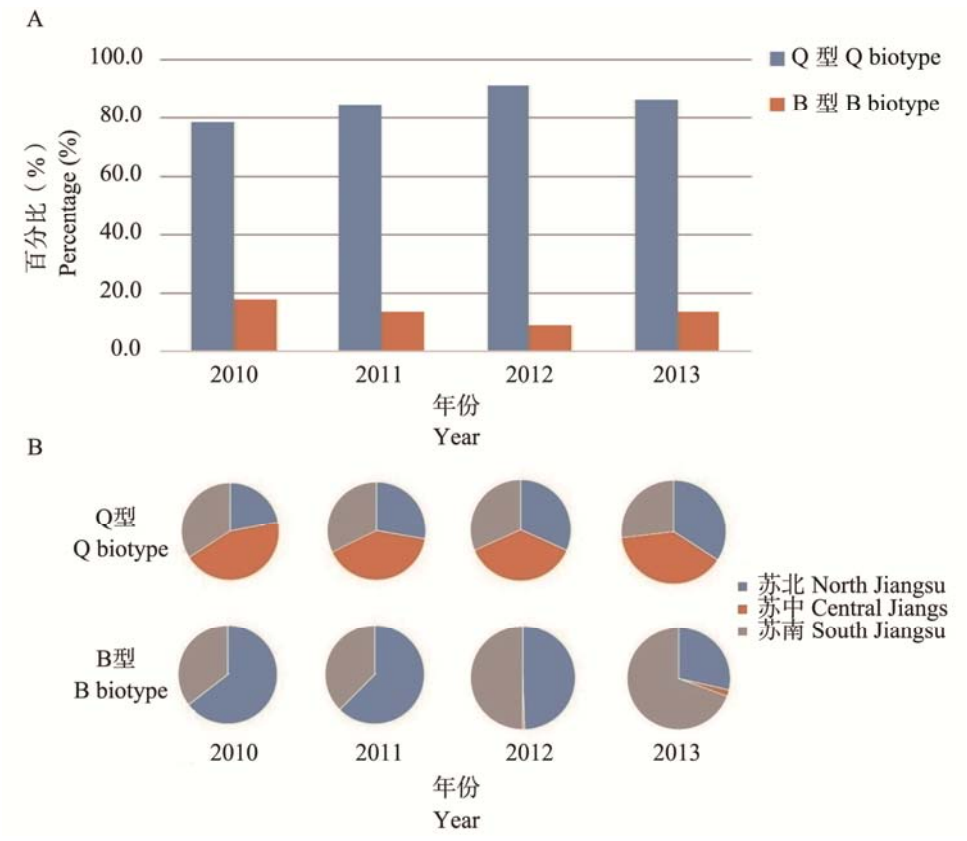

图 4　2010—2013 江苏省 B 型和 Q 型烟粉虱分布

Fig. 4　Distribution of biotype B and Q of *Bemisi tabaci* in Jiangsu Province from 2010 to 2013

A. 2010—2013 江苏省 B 型和 Q 型烟粉虱比例；B. 2010—2013 苏南，苏中和苏北地区 B 型和 Q 型比例。

A. Percentages of biotype B and Q in Jiangsu Province from 2010 to 2013; B. Percentages of biotype B and Q in South, Central and North Jiangsu from 2010 to 2013.

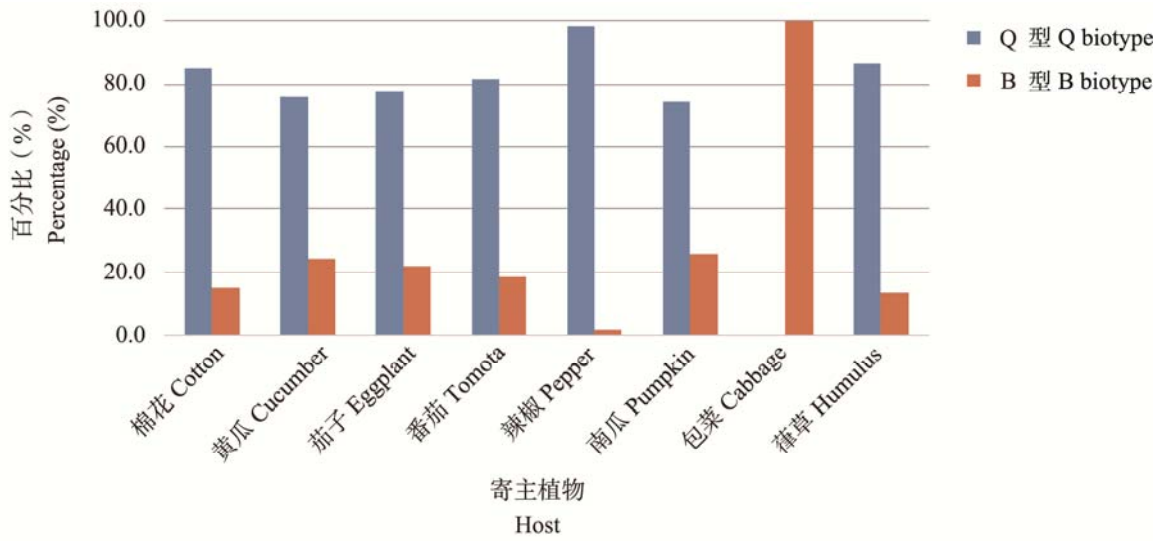

图 5　不同寄主植物上烟粉虱生物型比例

Fig. 5　The percentages of biotypes of *Bemisi tabaci* on different hosts

本取代了 B 型烟粉虱，成为了优势种群（沈媛等，2010）。本研究中，江苏省内 Q 型烟粉虱所占的比例在过去的四年中始终保持一个较高的比例（78.4%~91.3%），这也充分证明了 Q 型烟粉虱在江苏省内的主导地位。然后值得注意的是，虽然 Q 型烟粉虱占主导地位，但是我们发现，近年来 B 型烟粉虱在江苏苏南和苏北地区仍然占据着一定的比例，并且苏南地区的 B 型烟粉虱比例有着逐步上升的趋势。同时在一些地点（如无锡地区）B 型烟粉虱的比例并没有随着时间的推移而逐渐或者大幅度的减少，反而在缓慢的增加。虽然这种“反常”现象可能与两种烟粉虱在农田生态系统中的分布特点有关，即 B 型烟粉虱主要在耕作密集的地区发生，而 Q 型烟粉虱则主要在野外地区发生（Cavalieri and Rapisarda，2004），但是我们在采样的过程发现，无锡宜兴的蔬菜基地中既有密集的蔬菜大棚，又有比较散种的田块，所采集的样本均为 B 型烟粉虱，这一现象还有待进一步研究。

根据我们 2010—2013 年对江苏地区烟粉虱的发生危害调查的数据分析，烟粉虱在江苏省内的发生危害程度呈“先上升后下降”的趋势：2011 年烟粉虱的危害最严重，2013 年烟粉虱的危害最轻。从地区来看，苏南、苏中和苏北 3 个区域的烟粉虱发生危害动态差异明显。苏南地区和苏北地区的发生动态与全省的一直，呈现出“先上升后下降”的趋势，而苏中地区的发生动态呈现出“先下降，后上升，再下降”的趋势。

烟粉虱在江苏省不同年份的发生危害程度差异明显，并且在苏南、苏中和苏北地区危害程度不一，其原因可能包括以下 2 个方面：(1) 苏南、苏中和苏北地区危害程度的差异可能是受到其设施栽培技术的影响。在调查过程中我们发现，苏南地区由于其城市化发展迅速，设施栽培技术的推广，几乎所有的调查地点都有日光温室或者温室大棚，而且大规模的蔬菜基地占了多数，农户散种的情况比较少见，这种大规模的棚内种植为烟粉虱的生长发育提供了良好的环境，有利于其爆发成灾。而苏中部分地区和苏北大部分地区则是规模化的蔬菜基地和农户散种并存，种植面积远远多于苏南地区；(2) 温度是影响烟粉虱种群发展的重要因素之一。烟粉虱的发育历期在 22~30℃范围内随着温度的升高而明显缩短，且存活率和产卵量也较高，而超过 34℃时，烟粉虱的存活率和产卵量骤减，致死效应明显（崔旭红等，2009）。因此，不同地区，不同年份之间温度的差异，可能是导致烟粉虱种群数量差异的原因之一。

从寄主方面来看，在调查的 12 个科，36 个种（变种）的寄主植物中，Q 型烟粉虱在所有的科都有分布，而 B 型烟粉虱也只有几个科没有检测到，这说明 Q 型和 B 型烟粉虱的寄主范围都广泛。然而，虽然烟粉虱的寄主植物虽然很多，但其取食和产卵具有一定程度的寄主选择性。本文研究表明，烟粉虱对茄科的番茄、茄子、辣椒，葫芦科的黄瓜和南瓜危害最为严重，其受害级别都达到了 4 级，说明这些寄主植物都是烟粉虱的最嗜寄主植物，与过去的研究报道基本一致（林克剑等，2002；孙伟等，2005；张丽萍等，2005；黄小玲和魏洪义，2010）。同时，B 型和 Q 型烟粉虱之间的寄主嗜好性也有差异。根据我们的调查统计结果，辣椒和包菜分别是 Q 型和 B 型烟粉虱所占比例最高的寄主植物，说明 Q 型烟粉虱对辣椒，B 型烟粉虱对包菜具有很强的嗜好性，其余 6 种寄主植物上的 Q 型烟粉虱比例分别是葎草>棉花>番茄>茄子>黄瓜>南瓜，而 B 型烟粉虱的比例顺序与其相反，这也从一定程度上说明两种烟粉虱对不同寄主植物具有一定的选择性。而这些寄主植物与烟粉虱种群发生动态以及竞争能力是息息相关的，如张丽萍等（2005）对不同寄主植物上的烟粉虱种群动态研究结果发现，12 种作物烟粉虱种群数量依次为油葵>西葫芦>棉花>大豆>南瓜>茄子>丝瓜>番茄>辣椒>黄瓜>菜豆>玉米。郭建英等（2011）研究发现，B 型烟粉虱种群在不同寄主植物上的生存曲线存在明显差异，由卵发育至成虫的存活率由高到低依次为番茄=棉花>菜豆>辣椒。张大山等（2010）评价了 B 型烟粉虱在黄瓜、烟草和茄子上的发育和繁殖，结果显示茄子最不适宜 B 型烟粉虱的生长繁殖，烟草居中，黄瓜最为适宜。

这也说明寄主选择性和寄主适应性可能是 Q 型烟粉虱能够快速取代 B 型烟粉虱的原因之一。

随着 Q 型和 B 型烟粉虱在世界范围内的传播和入侵，两种入侵烟粉虱的种群扩张和竞争机制越来越受到人们的关注。我们研究发现，烟粉虱在江苏省内的发生危害不仅在不同年份差异明显，而且在不同地区的危害程度也不一，并且这种差异可能与栽培设施和外在环境条件有关，与不同生物型烟粉虱的演替没有直接联系。同时，虽然 Q 型烟粉虱在江苏省内占据主导地位，但是 B 型烟粉虱在苏南和苏北地区仍然有一定的比例，并且有逐步回升的趋势。

参考文献 (References)

Bethke JA, Byrne FJ, Hodges GS, McKenzie CL, Shatters RG, 2009. First record of the Q biotype of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*, in Guatemala. *Phytoparasitica*, 37(1): 61–64.

Cavalieri V, Rapisarda C, 2004. Indagini molecolari sui biotipi di *Bemisia tabaci* in Sicilia (Hemiptera: Aleyrodidae). *Boll. Zool. Agr. Bachic. II*, 40(2): 145–154.

Chen LG, 1997. The Damage and morphological variations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on ornamental plants. *Journal of Shanghai Agricultural College*, 15(3): 186–189. [陈连根, 1997. 烟粉虱在园林植物上为害及其形态变异. 上海农学院学报, 15(3): 186–189.]

Chou Y, 1949. Checklist of *Bemisia tabaci* in China. *Journal of Chinese Entomology*, 3: 1–18. [周尧, 1949. 中国粉虱名录. 中国昆虫学杂志, 3: 1–18.]

Chu D, Liu GX, Fan ZX, 2006. Genetic differentiation of different geographical populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) complex. *Scientia Agricultural Sinica*, 39(8): 1571–1580. [褚栋, 刘国霞, 范仲学, 2006. 烟粉虱复合种不同地理种群的遗传分化. 中国农业科学, 39(8): 1571–1580.]

Chu D, Wan FH, Zhang YJ, Brown JK, 2010. Change in the biotype composition of *Bemisia tabaci* in Shandong Province of China from 2005 to 2008. *Mol. Ecol. Evol.*, 39(3): 1028–1036.

Chu D, Zhang YJ, Cong B, Xu BY, Wu QJ, 2005. Identification for Yunnan Q biotype. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(1): 54–56. [褚栋，张友军，丛斌，徐宝云，吴青君, 2005. 云南 Q 型烟粉虱种群的鉴定. 昆虫知识, 42(1): 54–56.]

Chui XH, Zhen D, Pu GL, Liu WX, 2009. Effects of temperature on development, survival and fecundity of B-and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Acta Phytophylacica Sinica*, 36(6): 571–572. [崔旭红, 郑丹, 蒲桂林, 刘万学, 2009. 温度对 B 型、Q 型烟粉虱生长发育、存活和繁殖的影响. 植物保护学报, 36(6): 571–572.]

De Barro PJ, 1995. *Bemisia tabaci* biotype B: A review of its biology, distribution and control. Technical Paper, Division of Entomology, CSIRO, Canberra, Australia, 58.

De Barro PJ, Ahmed MZ, 2011. Genetic networking of the *Bemisia tabaci* cryptic species complex reveals pattern of biological invasions. *PLoS ONE*, 6(10): e25579. DOI:10.1371/journal.pone.0025579.

Dinsale A, Cook L, Riginos C, Buckley YM, De Barro PJ, 2010. Refined global analysis of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) mitochondrial CO1 to identify species level genetic boundaries. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 103(2): 196–208.

Fu HB, Chu D, Li JH, Gen QH, Sun WP, 2007. The detection of Q-botype of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Shenyang, 2006. *Plant Quarantine*, 21(6): 38. [付海滨, 褚栋, 李俊环, 耿庆华, 孙文鹏, 2007. 2006 年沈阳世界园艺博览会园区发现 Q 型烟粉虱的危害. 植物检疫, 21(6): 38.]

Guo JY, Yang Y, Cong L, Chen T, Wan FH, 2011. Development fitness of *Bemisia tabaci* B-biotype feeding on different host plants. *Chinese Bulletin of Entomology*, 48(1): 43–47. [郭建英, 杨洋, 丛林, 陈婷, 万方浩, 2011. 不同寄主植物对 B 型烟粉虱发育适合度的影响. 应用昆虫学报, 48(1): 43–47.]

Guo XJ, Rao Q, Zhang F, Luo C, Zhang HY, Gao XW, 2012. Diversity and genetic differentiation of the whitefly *Bemisia tabaci* species complex in China based on mtCOI and cDNA – AFLP analysis. *J. Integr. Agr.*, 11(2): 206–214.

Horowitz AR, Denholm I, Gorman K, Cenis JL, Kontsedalov S, Ishaaya I, 2003. Biotype Q of *Bemisia tabaci* identified in Israel. *Pyhtoparasitica*, 31(1): 94–98.

Hu J, De Barro P, Zhao H, Wang J, Nardi F, Liu SS, 2011. An extensive field survey combined with a phylogenetic analysis reveals rapid and widespread invasion of two alien whiteflies in China. *PLoS ONE*, 6(1): e16061.

Huang XL, Wei HY, 2010. Populations of *Bemisia tabaci* on different host plants. *Plant Protection*, 36(3): 103-105. [黄小玲, 魏洪义, 2010. 不同寄主作物烟粉虱种群数量的研究. 植物保护, 36(3): 103–105.]

Kontsedalov S, Zchori-Fein E, Chiel E, Gottlieb Y, Inbar M, Ghanim M，2008. The presence of *Rickettsia* is associated with increased susceptibility of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to insecticides. *Pest Manag. Sci*., 64(8): 789–792.

Lin KJ, Wu KM, Wei HY, Guo YY, 2002. Population dynamics of *Bemisia tabaci* on different host plants and its chemical control.

Entomological Knowledge, 39(4): 284–288. [林克剑, 吴孔明, 魏洪义, 郭予元, 2002. 烟粉虱在不同寄主作物上的种群动态及化学防治. 昆虫知识, 39(4): 284–288.]

Liu SS, Be Barro PJ, Xu J, Luan JB, Zang LS, Ruan YM, Wan FH, 2007. Asymmetric mating interactions drive widespread invasion and displacement in a whitefly. *Science*, 318(5857): 1769–1772.

Liu SS, Colvin J, De Barro PJ, 2012. Species concepts as applied to the *Bemisia tabaci* systematics: how many species are there? *J. Integr. Agr.*, 11(2): 176–186.

Luo C, Yao Y, Wang RJ, Yan FM, Zhang ZL, 2002. The use of mitochondrial cytochrome oxidase Ⅰ (mtCOⅠ) gene sequences for the identification of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. *Acta Entomological 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.]

Luo C, Zhang JM, Shi BC, Zhang F, Zhang ZL, 2000. Investigation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Beijing. *Beijing Agricultural Science*, 18(Supp.): 42–47. [罗晨, 张君明, 石宝才, 张帆, 张芝利, 2000. 北京地区烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 调查初报. 北京农业科学, 18 (增): 42–47.]

Oliverira MRV, Henneberry TJ, Anderson P, 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20(9):709–723.

Ren SX, Qiu BL, Ge F, Zhang YJ, Du YZ, Chen XX, Guo JY, 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.]

Shen Y, Du YZ, Jin GH, Qiu BL, Zheng FS, Ren SX, 2010. Phylogenetic analysis of *Bemisia tabaci* non-B biotypes in partial areas in China based on 16S rDNA gene. *Acta Entomological Sinica*, 53(1): 82–90. [沈媛, 杜予州, 金桂华, 邱宝利, 郑福山, 任顺祥, 2010. 基于 16S rDNA 基因的中国部分地区非 B 型烟粉虱系统发育关系分析. 昆虫学报, 53(1): 82–90.].

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. [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.]

Sun W, Du YZ, Shen Y, Yin JG, Wang M, 2005. Investigation of the host plants and the population dynamics of *Bemisia tabaci* on the vegetable fields in Yangzhou area, Jiangsu. *Entomological Journal of East China,* 14(1): 38–43. [孙伟, 杜予州, 沈媛, 尹建国, 王敏, 2005. 江苏扬州地区蔬菜烟粉虱寄主调查及种群动态. 华东昆虫学报, 14(1): 38–43.]

Wang MY, Wan FH, Wang X, Xu JX, 2011. Effects of temperature hardening on survival and fecundity of *Bemisia tabaci* Q biotype under high temperature stress. *Plant Protection*, 37(3): 63–66. [王艳敏, 万方浩, 王鑫, 仵均祥, 2011. 不同温度锻炼对高温胁迫下 Q 型烟粉虱存活及生殖的影响. 植物保护, 37(3): 63–66.]

Wu SW, Wang ZY, Wu YD, 2010. Competition between the B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* and its relevance to insecticide resistance. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(6): 1118–1121. [武淑文, 王震宇, 吴益东, 2010. B 和 Q 型烟粉虱种群竞争与抗药性的关系, 昆虫知识, 47(6): 1118-1121.]

Xu J, Wang WL, Liu SS, 2006. The occurrence of *Bemisia tabaci* in partial Zhejiang Province. *Plant Protection*, 32(4): 121. [徐靖, 王文丽, 刘树生, 2006. Q 型烟粉虱在浙江局部地区大量发生危害. 植物保护, 32(4): 121.].

Xu LL, Cai L, Shen WJ, Du YZ, 2014. Biotypes and phylogenetic analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(4): 1137–1144. [许丽丽, 蔡力, 沈伟江, 杜予州, 2014. 中国部分地区烟粉虱生物型种类及系统发育关系分析. 应用生态学报, 25(4): 1137–1144.]

Xu WH, Zuo WH, Wang RM, Liu B, Jin ZS, 2007. Host distributions and characteristics of *Bemisia tabaci* population in coastal cities in Jiangsu. *Entomological Journal of East China,* 16(3): 187–196. [徐文华, 左文慧, 王瑞明, 刘标, 金中时, 2007. 烟粉虱种群在江苏沿海城市市区的寄主分布与虫源性质. 华东昆虫学报, 16(3): 187–196.]

Zhang DS, Jiang JW, Ding SB, Ji K, Yan FM, 2010. Influences of 4 host plants on growth and developments of *Bemisia tabaci* B biotype. *Journal of Henan Agricultural University*, 44(2): 180–184. [张大山, 蒋金炜, 丁识伯, 姬琨, 闫凤鸣, 2010. 4 种寄主植物对 B 型烟粉虱生长发育的影响. 河南农业大学学报, 44(2): 180–184.]

Zhang LP, Zhang GY, Liu Z, Zhang WJ, 2005. Amount and spatial dynamics of population of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in different host plants. *Chinese Journal of Eco-Agricultural*, 13(3): 147–149. [张丽萍, 张贵云, 刘珍, 张文吉, 2005. 不同寄主植物烟粉虱种群数量消长及空间动态变化研究. 中国生态农业学报, 13(3): 147–149.]

Zhang ZL, Luo C, 2001. Occurrence and control countermeasures of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. *Plant Protection*, 27(2): 25–30. [张芝利, 罗晨, 2001. 我国烟粉虱的发生危害和防治对策. 植物保护, 27(2): 25–30.]

Zhao L, Zhang R, Xiao Y, 2000. The detection of *Bemisia tabaci* in

Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Science*, (1): 27–28. [赵莉, 张荣, 肖艳, 2000. 危害棉花的重要害虫烟粉虱在新疆的发现. 新疆农学科学, (1): 27–28.]

Zhou FC, Du YZ, Sun W, Yu GJ, Gong WR, Lu ZQ, Ren SX, 2003. Investigation of host plant of *Bemisia tabaci* and evaluation of its occurrence in Jiangsu province. *Journal of Yangzhou University* (*Agriculture and Life Sciences Edition*), 24(1): 71–75. [周福才, 杜予州, 孙伟, 于淦军, 龚伟荣, 陆自强, 任顺祥, 2003. 江苏省烟粉虱寄主调查及其危害评价. 扬州大学学报(生命科学版), 24(1): 71–75.]