

广东首次发现 Q 型烟粉虱种群分布^{*}

孙秀新 薛 夏 任素丽 任顺祥 邱宝利^{**}

(华南农业大学资源环境学院 广州 510640)

摘 要 烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 是全世界分布的刺吸式传毒昆虫, 其中 Q 型烟粉虱自 2003 年首次在昆明一品红上发现以来, 该种群已在全国 10 多个省份广泛传播, 并有逐步取代 B 型烟粉虱的趋势。然而, 作为较早对外开放的沿海省份, 广东省一直未有 Q 型烟粉虱在田间分布危害的报道。本文利用常规 PCR、特异 B/Q 型烟粉虱引物扩增及 DNA 测序技术, 对近期在广州长湴公园扶桑寄主上采集的烟粉虱种群进行了分子鉴定, 并对该种群与国内外其它 Q 型种群的系统发育关系进行了研究。结果表明, 在广州长湴公园扶桑寄主上采集的烟粉虱种群为 Q 型烟粉虱, 在 660 bp 的 mtCOI 序列中, 该 Q 型烟粉虱与来自江苏、云南及浙江的 Q 型烟粉虱种群分别有 1~2 个碱基差异; 系统进化关系表明该 Q 型烟粉虱与江苏、云南的 Q 型烟粉虱最近, 其种群的最初起源应为地中海西岸地区。相比 B 型烟粉虱, Q 型烟粉虱被认为具有更强的抗药性和传播植物病毒的能力, Q 型烟粉虱在广东的首次发现, 表明该烟粉虱种群已在广东野外定殖, 其扩散动态、寄主范围及危害程度亟待实时监测。

关键词 烟粉虱 Q 型, 广东, 首次记录, 生物入侵

The first record of a cryptic *Bemisia tabaci* MED species in Guangdong

SUN Xiu-Xin XUE Xia REN Su-Li REN Shun-Xiang QIU Bao-Li^{**}

(South China Agricultural University, Engineering Research Center of Biological Control, Guangzhou 510640, China)

Abstract The whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) is a globally distributed, phloem-feeding insect that transmits more than 110 plant viruses. Since its first record in China on *Poinsettia* in Kunming in 2003, the *B. tabaci* Q biotype (belonging to a Mediterranean cryptic species) has been found to have spread to more than 10 provinces, gradually replacing the B biotype (MEAM1 cryptic species). However, the *B. tabaci* Q biotype had not been reported in Guangdong, a Province with a large volume of internal and international trade. However, a population of the Q biotype was recently identified from specimens collected from a hibiscus plant in Changban Park, Guangzhou City. PCR and DNA sequencing using B/Q biotype primers revealed that this population is 1-2 base pairs different from known Q biotype populations in Yunnan, Jiangsu and Zhejiang provinces. Neighbour-joining phylogenetic tree analysis indicates that this Guangzhou Q biotype is closer to the Q biotype populations in Yunnan and Jiangsu provinces, and that it is probably of western Mediterranean, Greece, Spain, Morocco etc. The *B. tabaci* Q biotype is considered to have higher resistance to chemicals and a greater ability to transmit plant viruses. The first record of this pest in Guangzhou could indicate that this pest is already well established in this Province. Further investigation is required to monitor its spread, host plants and damage.

Key words *Bemisia tabaci* Q biotype, Guangdong, first record, biological invasion

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 隶属半翅目 Hemiptera 粉虱科 Aleyrodidae 的一类以刺吸取食植物汁液的小型昆虫, 广泛分布于热带、亚热带及其相邻温带地区。其若虫和成虫均能危害植

^{*} 资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303019); 教育部新世纪人才支持计划(NCET-11-0917); 广州市番禺区科技计划项目(2010-专-12-5)。

^{**} 通讯作者, E-mail: baileyqiu@scau.edu.cn

收稿日期: 2012-11-15, 接受日期: 2013-01-25

物,除了吸食植物的汁液,影响植物的生长以外,还可在植物叶片上分泌大量蜜露,滋生黑色煤污病菌导致煤污病发生,影响植物生长或果实产量,污染植物和果实,降低其外观和品质。更为重要的是,烟粉虱是许多植物病毒的重要传播媒介,已报道烟粉虱可以传播的病毒种类多达 110 余种 (Jones, 2003)。自 20 世纪 90 年代初,烟粉虱在世界各地广泛传播与蔓延,每年造成的经济损失达到数十亿美元,其危害已成为全球性的严重问题 (White, 1998; Qiu *et al.*, 2007b)。

20 世纪 90 年代中期和 21 世纪初期,烟粉虱先后在我国南方和北方大暴发,取代温室白粉虱成为蔬菜、花卉、园林植物、经济作物上的重要粉虱害虫 (陈连根, 1997; 王振中等, 1999; 邱宝利等, 2003; 任顺祥等, 2011), 究其原因这是由于烟粉虱 B 型和 Q 型种群 (分别属于 Middle East-Asia Minor 1 与 Mediterranean 隐种) 的入侵所致。烟粉虱 B 型入侵我国后, 先后扩散蔓延到全国近 30 个省 (市、自治区) (Qiu *et al.*, 2005, 2007b, 2009; 陈冲等, 2011; 郭建英等, 2011; 沈媛等, 2011; 袁林泽等, 2011), 使得北京地区的西葫芦、黄瓜、番茄等作物减产达 70% ~ 80% (胡敦孝, 2000); 广东省个别蔬菜生产基地近乎绝产 (王振中等, 1999), 并取代了多种本地生物型 (Liu *et al.*, 2007)。烟粉虱 Q 型入侵我国的首次报道是 2003 年发现于昆明的一品红寄主上 (褚栋等, 2005a), 此后, 该害虫的分布危害范围不断扩大, 如 2007 年秋对采集自国内 15 个省份 22 个烟粉虱种群鉴定发现, 有 19 个种群中存在 Q 型 (Teng *et al.*, 2010); 2009 年采自于国内 18 个省份的 55 个烟粉虱种群中, 43 个种群为 Q 型 (Pan *et al.*, 2011)。当前, 在我国多个省份的田间调查数据表明, 烟粉虱 Q 型正逐步取代 B 型成为我国分布最广、危害最为严重的烟粉虱种群 (Chu *et al.*, 2010a, 2010b; 陈冲等, 2011; 沈媛等, 2011; Rao *et al.*, 2011; 王少丽等, 2011; 袁林泽等, 2011)。

值得提出的是, 尽管国内许多学者对 Q 型烟粉虱的入侵分布做了大量的调查工作, 但截止到 2012 年夏, 一直未有 Q 型烟粉虱在广东省内分布的发现及报道。2012 年 9 月, 笔者在广州市天河区长湴公园扶桑植物上采集烟粉虱样本, 利用线粒体细胞色素氧化酶 I (mtCOI) 鉴定为 Q 型, 判断

为 Q 型烟粉虱在广东省野外的首次发现, 本文在此进行简要报道。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试虫源: 待鉴定烟粉虱样本 2012 年 9 月采集于广州市天河区长湴公园扶桑寄主上, 置于 95% 酒精室温储存; 对照 B 型与 Q 型烟粉虱模板样本为教育部生物防治工程中心 (以下简称工程中心, NCBC) 室内繁殖种群。

1.2 试验方法

1.2.1 烟粉虱 DNA 提取及特异引物 PCR 扩增

挑取单头烟粉虱 (广州采集样本, 工程中心 B 型、Q 型模板样本) 置于含有 10 μ L 裂解液 (1% SDS, 10 mmol/L Tris-HCl, pH8.0, 5 mmol/L EDTA, 蛋白酶 K 200 μ g/mL) 的微量离心管中, 用牙签将烟粉虱捣碎, 55 $^{\circ}$ C 水浴 2 ~ 3 h, 用 SDS-蛋白酶 K 法提取烟粉虱基因组 DNA。

在一支 0.2 mL 的微量离心管中分别加入 ddH₂O 32.5 μ L、10 $\times$ PCR buffer 5 μ L、dNTPs 5 μ L、双向引物 2 μ L、DNA 模板 2 μ L、DNA Taq 聚合酶 0.5 μ L、MgCl₂⁺ 1 μ L, 然后按照下列程序进行 PCR 扩增: 94 $^{\circ}$ C 预变性 2 min, 然后 94 $^{\circ}$ C 30 s, 64 $^{\circ}$ C 1 min, 72 $^{\circ}$ C 1 min, 扩增 35 个循环后 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min。扩增引物引自 Shatters 等 (2009), B 型烟粉虱引物: F5'-CTAGGG TTTATTGTTTGAGGTCATCATATATTC-3', R5'-AGGGGGAATGCCTCGTCGATAATT-3'; Q 型烟粉虱引物 F5'-CTTGGAACCTTCTGTAGATGTCTGTT-3', R5'-GAACAAAATTTCTTCTGCGGAAGG-3'。利用 2 对引物分别对待测样本、B 型和 Q 型模板样本进行 PCR 扩增。PCR 完成后分别取 5 μ L 在 1.0% 的琼脂糖凝胶上电泳, 以 100 bp 的 PCR 分子量标记为参照, 拍照。

1.2.2 烟粉虱 mtCOI 基因片段扩增及测序 烟粉虱样本 DNA 的提取如 1.2.1 所述, mtCOI 片段的扩增引物及程序参照 Qiu 等 (2007b) 进行。PCR 完成后, 分别取 5 μ L 在 1.0% 的琼脂糖凝胶上电泳, 以 100 bp 的 PCR 分子量标记为参照, 若 PCR 产物中有目标条带存在时, 将剩余的 45 μ L PCR 产物送至上海英骏生物技术有限公司 (广州分公司) 进行双向测序。样本测序重复 3 次。

表 1 不同 Q 型烟粉虱地理分布、寄主及 GenBank mtCOI 序列

Table 1 <i>Bemisia tabaci</i> Q biotype populations used for sequence comparison and phylogenetic analysis			
样本名称 Sample name	地理分布 Location	寄主植物 Host plant	GenBank 序列号 GenBank accession no.
ChYun	云南 Yunnan, China	一品红 <i>Euphorbia pulcherrima</i>	EU192049
ChZhj	浙江 Zhejiang, China	黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	DQ473394
ChJsu	江苏 Jiangsu, China	茄子 <i>Solanum melongena</i>	EU192071
CypCh	塞浦路斯 Cyprus	黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	DQ365877
EgSha	埃及 Sharqiya, Egypt	棉花 <i>Gossypium herbaceum</i>	FJ025793
FranMa	法国 Maritimes, France	丁香 <i>Ocimum</i> sp.	AM691081
Israel	以色列 Israel	棉花 <i>Gossypium herbaceum</i>	DQ365878
GreeCr	希腊 Crete, Greece	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	DQ365859
MoroBi	摩洛哥 Biougra, Morocco	番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	AM176573
NED	荷兰 Netherlands	扶桑 <i>Hibiscus</i> sp.	DQ174541
Portugal	葡萄牙 Portugal	番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	DQ365876
Spain1	西班牙 Spain	未知 N/A	EU427724
Syria	叙利亚 Syria	马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i>	FJ998204
Turkey	土耳其 Turkey	棉花 <i>Gossypium herbaceum</i>	AF342776
USAGeo	美国 Georgia, USA	未知 N/A	EF080823
USACal	美国 California, USA	非洲菊 <i>Gerbera jamesonii</i>	EU427721

1.2.3 烟粉虱 mtCOI 序列分析及系统发育关系比较 通过 GenBank, 收集国内外 Q 型烟粉虱 mtCOI 序列 19 条 (表 1), 经 DNASTar-EditSeq (Lasergene® v5.0) 软件编辑后, 利用 ClustalX 1.83 和 MEGA4.0 软件进行碱基序列对比, 并利用 PAUP4.01 软件构建不同种群的 Neighbour-Joining (NJ) 进化树, 比较不同 Q 型烟粉虱种群的系统发育关系。

2 结果与分析

2.1 Q 型烟粉虱的分子鉴定

利用 B/Q 型烟粉虱特异引物, 对广州长湓公园、工程中心采集的烟粉虱样本 mtCOI PCR 扩增结果表明, 长湓公园及工程中心采集的 Q 型烟粉虱均在 300 bp 处出现单一 DNA 条带, 而工程中心的 B 型烟粉虱样本则在近 500 bp 出现单一 DNA 条带, 阴性对照无条带出现, 初步说明在广州长湓公园采集的烟粉虱种群应为 Q 型烟粉虱 (图 1)。

2.2 国内 Q 型烟粉虱不同地理种群的 mtCOI 序列分析

将广州长湓公园采集的烟粉虱样本 (GZCB) 与江苏、浙江和云南的 Q 型种群的 mtCOI 序列进行比较, 结果发现 GZCB 在第 41 个碱基处与浙江报道的 Q 型烟粉虱有 G-C 的差异, 但与云南和江

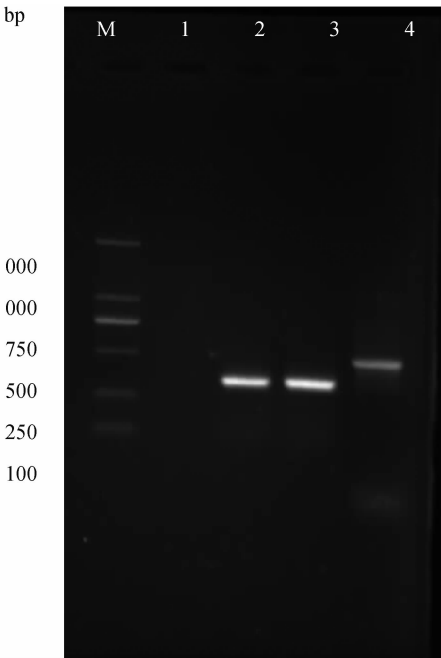


图 1 烟粉虱样本 mtCOI PCR 扩增电泳图
Fig.1 Amplification of the mtCOI PCR
of Bemisia tabaci

M: DNA 分子量标记; 1: ddH₂O 阴性对照; 2: 广州长湓公园烟粉虱样本; 3, 4: 工程中心 Q 型、B 型烟粉虱样本。M: DNA marker; 1: ddH₂O negative control; 2: *B. tabaci* from Changban Park; 3, 4: *B. tabaci* B and Q biotypes from NCBC.

苏种群相同;在第 250 与 278 个碱基处与江苏、浙江、云南种群分别有一个碱基的差异(C-T, G-A)(图 2)。在所比对的 660 个碱基序列中,GZCB 与江苏、浙江和云南 Q 型的种群的遗传距离均小于 3.5%,也属于 Q 型烟粉虱。

2.3 国内外 Q 型烟粉虱的系统发育关系

在与所参考的 16 个 Q 型烟粉虱不同地理种群的系统进化树中,广州 Q 型烟粉虱(GZCB)首先与江苏和云南的 Q 型烟粉虱种群聚类到一个进化枝,然后再与来自摩洛哥、埃及、西班牙、希腊、葡萄牙等地中海西岸国家及美国 Georgia 的 Q 型烟粉虱种群聚成姐妹枝,而叙利亚、以色列、土耳其、塞浦路斯及美国 California 的 Q 型烟粉虱种群则自成一个地中海东部进化分枝(图 3),暗示广州 Q

型烟粉虱祖先的起源是在地中海西部国家。

3 讨论

烟粉虱个体微小,若虫期附着在寄主植物的叶片背面固定取食,常随着寄主植物的异地运输而传播扩散(De Barro *et al.*,1998;Dalton,2006),由于烟粉虱世代历期短,繁殖量大,种群增殖快,一旦进入大田则控制难度较大(崔洪莹和戈峰,2011);同时,烟粉虱寄主植物广泛,包括蔬菜、花卉、园林装饰植物、杂草及果树苗木等,据报道目前已经超过 600 种(Gelman *et al.*,2005),随着国际间贸易运输的不断增加,烟粉虱在世界各地的入侵仍在继续。

近年来,Q 型烟粉虱在国内外不断蔓延扩散。

DQ473394	GCA GCG AGG CTG GAA AAT TAG AGG TAT TTG GAA GGT TGG GCA TAA TTT ATG CTA TAT TGA	[60]
EU192071	G.	[60]
<i>B.tabaci</i> -GZCB	G.	[60]
EU192049	G.G.G	[60]
DQ473394	CTA TTG GTA TCT TAG GGT TTA TTG TTT GAG GAC ATC ATA TAT TTA CAG TTG GAA TAG ATG	[120]
EU192071		[120]
<i>B.tabaci</i> -GZCB		[120]
EU192049		[120]
DQ473394	TAG ATA CTC GAG CTT ATT TCA CTT CAG CTA CTA TGA TTA TTG CCG TTC CTA CAG GAA TTA	[180]
EU192071		[180]
<i>B.tabaci</i> -GZCB		[180]
EU192049		[180]
DQ473394	AAA TTT TTA GTT GGC TTG CTA CTT TGG GTG GAA TAA AGT CCA ATA AAT TCA GGC CCC TTG	[240]
EU192071		[240]
<i>B.tabaci</i> -GZCB		[240]
EU192049	G.	[240]
DQ473394	GCC TTT GAT TTA CAG GAT TTT TAT TTT TAT TTA CTA TAG GTG GAT TAA CTG GAA TTA TTC	[300]
EU192071		[300]
<i>B.tabaci</i> -GZCB	 C..G.	[300]
EU192049		[300]
DQ473394	TTG GTA ACT CTT CTG TAG ATG TGT GTT TGC ATG ACA CTT ATT TTG TTG TTG CGC ATT TTC	[360]
EU192071		[360]
<i>B.tabaci</i> -GZCB		[360]

EU192049	...	[360]
DQ473394	ATT ATG TCT TAT CAA TAG GAA TTA TTT TTG CTA TTG TAG GAG GAG TTA TCT ATT GAT TTC	[420]
EU192071	...	[420]
<i>B.tabaci</i> -GZCB	...	[420]
EU192049	...	[420]
DQ473394	CAT TAA TCT TGG GCT TAA CCT TAA ATA ATT ATA GCT TGG TGT CTC AAT TTT ATA TCA TGT	[480]
EU192071	...	[480]
<i>B.tabaci</i> -GZCB	...	[480]
EU192049	...	[480]
DQ473394	TCA TTG GAG TAA ATT TAA CTT TTT TTC CTC AGC ATT TTC TTG GTT TGG GGG GAA TGC CTC	[540]
EU192071	...	[540]
<i>B.tabaci</i> -GZCB	...	[540]
EU192049	...	[540]
DQ473394	GCC GAT ATT CAG ATT ATG CTG ATT GTT ATC TAG TAT GGA ACA AAA TTT CTT CTG CGG GAA	[600]
EU192071	...	[600]
<i>B.tabaci</i> -GZCB	...	[600]
EU192049	... T..	[600]
DQ473394	GGA TTT TGA GTA TCA TTT CTG TTA TTT ATT TTT TAT TTA TTG TTT TAG AAT CTT TTC TTC	[660]
EU192071	...	[660]
<i>B.tabaci</i> -GZCB	...	[660]
EU192049	...	[660]

图 2 国内 4 种 Q 型烟粉虱种群的 mtCOI DNA 序列比对分析

Fig. 2 The DNA sequence comparison of four *Bemisia tabaci* Q biotype populations in China

自 2003 年 Q 型烟粉虱首次在云南昆明一品红上被发现后(褚栋等,2005a),2004 年北京海淀区、河南郑州又相继发现 Q 型烟粉虱(褚栋等,2005b),此后,徐婧等(2006)发现 Q 型烟粉虱在浙江局部地区大量发生危害,付海滨等(2007)在 2006 年沈阳世界园艺博览会园区发现了 Q 型烟粉虱,Pan 等(2011)在国内 18 个省份的 55 个烟粉虱种群中发现有 43 个为 Q 型烟粉虱。然而,尽管广东省是我国沿海开放的省份,国内外贸易往来频繁,但 2012 年之前一直未在野外发现有 Q 型烟粉虱的分布,究其原因尚不明确。2010 年广州亚运会期间,笔者曾在亚运会开幕式场馆——海心沙公园的一品红上采集到 Q 型烟粉虱,但推测其为随着寄主植物入侵的外源种群。此次,Q 型烟

粉虱在广州的发现,说明该烟粉虱种群已在广州定殖,其今后的扩散趋势值得关注。

生物入侵是一个有序的生态过程,即传入、定殖、潜伏、扩散与暴发。根据国内多个研究单位对烟粉虱生物型的持续监测,2003 年或更早的一段时间,是 Q 型烟粉虱传入/定殖阶段,2004—2007 年是 Q 型扩散阶段,2008 年以来属于 Q 型暴发危害阶段。当前,Q 型烟粉虱已在我国多个省份暴发并危害,且有逐步替代 B 型烟粉虱的趋势,其原因主要归结于以下几个方面:一是抗药性,田间种群抗药性监测表明,Q 型对常用杀虫剂的抗药性往往高于 B 型的抗药性,如 Luo 等(2010)研究发现 Q 型和 B 型对联苯菊酯、氯氰菊酯、阿维菌素和吡丙醚的抗性水平差异不大,但 Q 型田间种对新

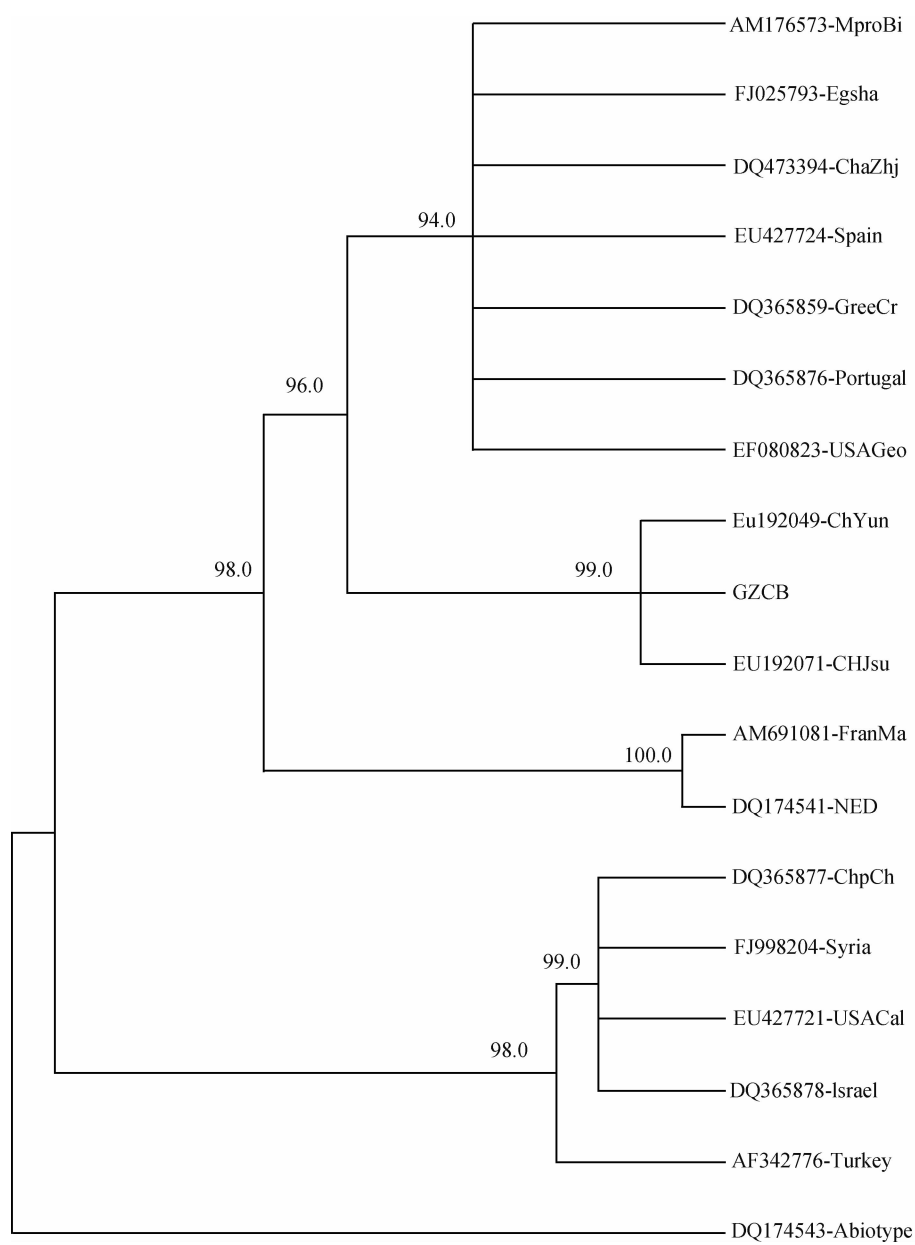


图 3 烟粉虱 Q 型不同地理种群的系统进化关系 (mtCOI NJ 树, 步长 1 000)

Fig. 3 The NJ phylogenetic tree of *Bemisia tabaci* Q biotype populations (boot strap = 1 000)

进化树外群为 A 型烟粉虱 (DQ174542)。

B. tabaci A biotype (DQ174542) was used as the outgroup.

烟碱类杀虫剂(啉虫脒、吡虫啉和噻虫嗪)的抗性是 B 型烟粉虱田间种群的 20 ~ 170 倍,由此推断杀虫剂在田间 Q 型烟粉虱取代 B 型烟粉虱过程中起到正向的驱动效应;二是寄主植物的影响,已有研究表明,辣椒是 B 型较不适应的寄主,但 Q 型却能大量繁殖扩增,虽频繁使用杀虫剂,其数量仍居高不下,说明 Q 型烟粉虱比 B 型对辣椒等寄主植物有更好的适应性(徐婧等, 2006; Chu *et al.* ,

2012),因此,我国北方地区田间辣椒的种植规模和批次在一定程度上影响着 Q 型取代 B 型烟粉虱的速率;三是天敌的因素,在室内丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 对扶桑上 Q 型、B 型和 Cv 型烟粉虱的选择性寄生实验表明,丽蚜小蜂更多地选择 B 型烟粉虱寄生,王继红等(2011)的研究也表明:相对于 Q 型,浅黄恩蚜小蜂更倾向于 B 型若虫作为寄主,田间自然天敌的寄生取向可能也是 Q 型

烟粉虱种群大于 B 型烟粉虱的原因之一。

总之,已有研究表明,Q 型烟粉虱在国内很多地区已经逐步取代 B 型烟粉虱,在传播植物双生病毒方面也强于 B 型(Pan *et al.*, 2012),此次在广州发现 Q 型烟粉虱,预示着 Q 型烟粉虱在广东传播、暴发、危害的可能性极大,值得引起相关部门及科技工作者的警惕,从而加强对其种群扩散动态、危害寄主范围、抗药性变化等方面的监测工作。

参考文献 (References)

- Chu D, Tao YL, Zhang YJ, Wan FH, Brown JK, 2012. Effects of host temperature and relative humidity on competitive displacement of two invasive *Bemisia tabaci* biotypes (Q and B). *Insect Sci.*, 19(5):595–603.
- Chu D, Wan FH, Zhang YJ, Brown JK, 2010a. Change in the biotype composition of *Bemisia tabaci* in Shandong province of China from 2005 to 2008. *Environ. Entomol.*, 39(3):1028–1036.
- Chu D, Zhang YJ, Wan FH, 2010b. Cryptic invasion of the exotic *Bemisia tabaci* biotype Q occurred widespread in Shandong Province of China. *Fla. Entomol.*, 93(2):203–207.
- Dalton R, 2006. The Christmas invasion. *Nature*, 443(7114):898–900.
- De Barro PJ, Liebrechts W, Carver M, 1998. Distribution and identity of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in member countries of the secretariat of the Pacific community. *Aust. J. Entomol.*, 37(3):214–218.
- Gelman DB, Blackburn MB, Hu JS, 2005. Identification of the molting hormone of the sweet potato (*Bemisia tabaci*) and greenhouse (*Trialeurodes vaporariorum*) whitefly. *J. Insect Physiol.*, 51(1):47–53.
- Jones DR, 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *Eur. J. Plant Pathol.*, 109(3):195–219.
- Liu SS, De 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.
- Luo C, Jones CM, Devine G, Zhang F, Denholm I, Gorman K, 2010. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* biotype Q (Hemiptera: Aleyrodidae) from China. *Crop Prot.*, 29(5):429–434.
- 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 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 NA, 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.
- Qiu BL, De Barro PJ, He YR, Ren SX, 2007a. Suitability of *Bemisia tabaci* instars for the parasitization by *Encarsia bimaculata* and *Eretmocerus* sp. nr. *furushii* on glabrous and hirsute host plants. *Biocontrol Sci. Tech.*, 17(8):823–839.
- Qiu BL, De Barro PJ, Ren SX, 2005. Development, survivorship and reproduction of *Eretmocerus* sp. nr. *furushii* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia tabaci* on glabrous and non-glabrous host plants. *Bull. Entomol. Res.*, 95(4):313–319.
- Qiu BL, Liu L, Li XX, Mathur V, Qin ZQ, Ren SX, 2009. Genetic mutations associated with chemical resistance in the cytochrome P450 genes of invasive and native *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) populations in China. *Insect Sci.*, 16(3):237–245.
- Qiu BL, Coats SA, Ren SX, Idris AM, Xu CX, Brown JK, 2007b. Phylogenetic relationships of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from China and India, based on mtCOI DNA sequencing and host plants comparison. *Prog. Nat. Sci.*, 17(6):645–654.
- Rao Q, Luo C, Zhang H, Guo X, Devine GJ, 2011. Distribution and dynamics of *Bemisia tabaci* invasive biotypes in central China. *Bull. Entomol. Res.*, 101(1):81–88.
- Shatters RG, Powell CA, Boykin LM, He LS, McKenzie CL, 2009. Improved DNA barcoding method for *Bemisia tabaci* and related Aleyrodidae: Development of universal and *Bemisia tabaci* biotype-specific mitochondrial cytochrome c oxidase I polymerase chain reaction primers. *J. Econ. Entomol.*, 102(2):750–758.
- Teng X, Wan FH, Chu D, 2010. *Bemisia tabaci* biotype Q dominates other biotypes across China. *Florida Entomol.*, 93(3):363–368.
- White J, 1998. Silverleaf whitefly extends range. *California Agri.*, 52(2):6–7.
- 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.
- 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, 15:186 – 189, 208.
- 褚栋, 张友军, 毕玉平, 李新国, 范仲, 2005a. 警惕 Q 型烟粉虱在我国进一步扩散. 植物检疫, 19(3):171 – 174.
- 褚栋, 张友军, 丛斌, 徐宝云, 吴青君, 2005b. 云南 Q 型烟粉虱种群的鉴定. 昆虫知识, 42(1):54 – 56.
- 崔洪莹, 戈峰, 2011. 京冀地区烟粉虱的早春扩散特征. 应用昆虫学报, 48(1):38 – 42.
- 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):388.
- 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.
- 胡敦孝, 2000. 银叶粉虱的发生与防治. 北京农业科学, (增刊):31 – 35.
- 邱宝利, 任顺祥, 林莉, Musa PD, 2003. 不同寄主植物对烟粉虱发育和繁殖的影响. 生态学报, 23(6):1206 – 1211.
- 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.
- 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.
- 王继红, 罗晨, 刘同先, 张帆, 李元喜, 2011. 烟粉虱生物型对浅黄恩蚜小蜂寄主选择及个体发育的影响. 昆虫学报, 54(6):687 – 693.
- 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.
- 王振中, 任顺祥, 李学文, 1999. 广东省设施条件下蔬菜主要病虫害发生趋势. 华南农业大学学报, 20(增刊):57 – 62.
- 徐婧, 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.
- 袁林泽, 王少丽, 陈雪林, 杜予州, 张友军, 王建军, 2011. 江苏 Q 型烟粉虱抗性监测及其靶标基因克隆. 应用昆虫学报, 48(1):48 – 53.