

B型烟粉虱与浙江非B型烟粉虱的竞争

臧连生¹ 刘树生^{1*} 刘银泉¹ 阮永明¹ 万方浩²

¹ (浙江大学应用昆虫学研究所, 杭州 310029)

² (中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 农业部外来入侵生物预防与控制研究中心, 北京 100081)

摘要: 为了了解近年来入侵中国的B型烟粉虱(*Bemisia tabaci*)取代本地非B型烟粉虱的潜能, 在室内将一个B型与一个浙江非B型烟粉虱种群混合饲养在不同寄主植物上, 跟踪观察混合种群中两个生物型个体数量相对比例的变化。结果表明, 当两种生物型在棉花(*Gossypium hirsutum*)上以相同初始数量共存竞争时, 经过6代, 非B型完全被B型替代; 而在西葫芦(*Cucurbita pepo*)上以相同初始数量共存竞争时, 只经过2代, 非B型即完全被B型替代。在棉花上, 即使以非B型占87%、B型占13%开始共存竞争, 经过225 d后, 非B型也完全被B型替代。这说明B型烟粉虱具有在短期内竞争取代浙江非B型烟粉虱的能力。经分析, B型除了寄主范围比非B型的宽这一点对其竞争有利外, 较强的内在竞争潜能也是其能成功入侵并替代本地非B型烟粉虱的一个重要原因。

关键词: 烟粉虱, 生物型, 竞争替代, 生物入侵, SCAR

Competition between the B biotype and a non-B biotype of the whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Zhejiang, China

Liansheng Zang¹, Shusheng Liu^{1*}, Yinquan Liu¹, Yongming Ruan¹, Fanghao Wan²

¹ Institute of Applied Entomology, Zhejiang University, Hangzhou 310029

² Centre for Management of Invasive Alien Species, Ministry of Agriculture, and Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081

Abstract: In recent years the B biotype of *Bemisia tabaci* has been an invasive insect in China. To elucidate its potential to replace a non-B biotype of *B. tabaci*, native to Zhejiang, China, we reared both biotypes on various host plants in a series of laboratory experiments to observe the changes in their relative proportions. On cotton, when the two biotypes began competition in equal numbers, the non-B biotype was completely displaced by the B biotype after six generations, whereas on squash, the non-B biotype was completely displaced by the B biotype after only two generations. Even when the competition started with 87% of non-B biotype and 13% of B biotype in numbers, the non-B biotype was completely displaced in 225 days. The results showed that the invasive B biotype has the capacity to displace the non-B biotype in a short period of time. A preliminary analysis indicates that, apart from the advantage of a wider host range of the B biotype over that of non-B biotypes, a stronger innate capacity for competition is another important factor in the successful invasion of the B biotype and its displacement of the native biotype.

Key words: *Bemisia tabaci*, biotype, competitive displacement, biological invasion, SCAR

烟粉虱(*Bemisia tabaci*)又名棉粉虱、甘薯粉虱, 在各大洲广泛分布, 是热带、亚热带及相邻温带地区主要害虫之一(Brown *et al.*, 1995)。目前, 多数学者认为烟粉虱是一个正处于快速进化过程的复合种(species complex)(Perring, 2001; 柯俊成等, 2002)。据Perring(2001)报道, 至2000年已确定

的24种生物型中, B型由于寄主范围广、产卵量大、吸食汁液多、抗药性强、是多种植物病毒的重要传播媒介, 每年造成的经济损失巨大, 已受到各国学者的关注, 有学者曾将其称为“超虫”(superbug)(Barinaga, 1993)。随着一品红(*Euphorbia pulcherrima*)及其他花卉的国际间调

收稿日期: 2004-12-22; 接受日期: 2005-04-19

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2002CB111403)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: shshliu@zju.edu.cn

运, B型烟粉虱已经迅速扩散到世界各地并爆发成灾(Brown *et al.*, 1995)。

我国在20世纪40年代已有烟粉虱的记载(周尧, 1949), 90年代以前偶尔有严重危害棉花(*Gossypium hirsutum*)的记录(张广学和王林瑶, 1972; 罗志义等, 1989), 但并不是我国主要的经济害虫。但近年来, 烟粉虱已在多地爆发成灾(张芝利, 2000), 特别是在十字花科蔬菜如甘蓝(*Brassica oleracea* var. *capitata*)、花椰菜(*Brassica oleracea* var. *botrytis*)上, 已产生严重危害。许多证据表明, 这些猖獗发生的烟粉虱为近年入侵我国的B型烟粉虱(胡敦孝和吴杏霞, 2001; 罗晨等, 2002; Qiu *et al.*, 2003)。

目前在许多地区发现B型烟粉虱竞争并取代非B型烟粉虱。在美国, B型烟粉虱在很短的时间内取代了本地的A型烟粉虱(Perring *et al.*, 1993; Bellows *et al.*, 1994); 在墨西哥(Costa *et al.*, 1993)、哥伦比亚(Quintero *et al.*, 1998)、澳大利亚(De Barro & Hart, 2000)、巴西(Lima *et al.*, 2002)也相继发现B型烟粉虱取代本地非B型烟粉虱的现象。在我国北方, 已发现烟粉虱正逐渐取代温室白粉虱(*Trialeurodes vaporariorum*)(张芝利, 2000)。2003年至今, 我们在杭州地区田间采集发现, 非B型烟粉虱已很难采到, B型烟粉虱正逐渐取代原先危害不严重的本地非B型烟粉虱。

目前关于B型烟粉虱竞争取代非B型烟粉虱的报道虽然较多, 但关于竞争取代的直接证据并不多(De Barro & Hart, 2000)。本文报道B型烟粉虱与浙江非B型烟粉虱之间竞争的实验研究。

1 材料与方法

1.1 两个生物型烟粉虱的种群维持及纯度检测

2003年7月于浙江大学华家池校区蔬菜基地的甘蓝植株和浙江萧山棉田的棉花植株上分别采集到1个烟粉虱种群, 经mtDNA CO I基因序列鉴定, 分别为B型(GenBank注册号: AJ867555)和非B型(GenBank注册号: AJ867556; 定名为China-ZHJ-1型, 下面简称ZHJ-1型)。受作者委托, 请澳大利亚Paul De Barro博士特依据mtDNA CO I基因序列测定结果及GenBank中的相关CO I基因序列, 对这两个生物型在全球烟粉虱系统发育中所处的位置进行了分析。结果表明, 浙江所采集到

的B型烟粉虱即为全球广泛分布的B型; 而ZHJ-1型则属于Berry等(2004)所归类的“东南亚/远东组(Southeast Asia/Far East Group)”, 可以初步认定其为中国本地的生物型(Paul De Barro, 私人通讯)。

B型和ZHJ-1型烟粉虱实验种群均以棉花(川棉109)为寄主, 自2003年7月起分别于条件一致的两人工气候室内维持(12L:12D; 27±1 °C; 60%–80% RH)。为防止由于近亲交配导致种群衰退, 每年补充一定数量的同生物型野外个体。

H16是鉴别不同生物型较为有效的随机引物(De Barro & Driver, 1997; 吴杏霞等, 2002), 应用H16(5'-TCTCAGCTGG-3')对B型与ZHJ-1型进行扩增, PCR反应体系及条件按照吴杏霞等(2002)。经对两个生物型多个体的扩增, 选择能稳定扩增并有效区分B型、ZHJ-1型的特异性扩增片段, 分别用PCR纯化试剂盒(德国QIAGEN公司)回收。pBS-T试剂盒(大连TaKaRa公司)连接后, 转化大肠杆菌DH5 α 。筛选阳性克隆测序(上海博亚生物技术有限公司测序), 再根据测序结果分别设计1对SCAR(sequence characterized amplified regions)引物。SCAR引物优化的反应条件如下: (1)SCAR-PCR反应体系: 总体积为20 μ L, 含1U Taq酶, 2 μ L 10 \times Taq酶缓冲液, 2 mmol/L MgCl $_2$, 0.25 mmol/L dNTP, 上游和下游引物分别为50 ng, 模板DNA为2 μ L; (2)PCR反应条件为: 94 °C 预变性5 min后, 进行35个“94 °C 变性30 s, 65 °C 退火30 s, 72 °C 延伸40 s”的循环, 循环结束后72 °C 延伸10min。应用SCAR引物定期抽检两个实验种群, 以监测其纯度。

1.2 供试昆虫和寄主植物

供试昆虫: 分别取具有B型和ZHJ-1型烟粉虱拟蛹(红眼明显)的棉叶, 置于铺有滤纸保湿的培养皿(直径10 cm)中, 叶柄从培养皿侧壁的孔洞中伸出, 用浸水的棉花保鲜。翌日取07:00–08:00羽化的粉虱成虫, 单头单管保存, 在区分雌雄后用于接虫试验。

供试植物: 以棉花(川棉109)和西葫芦(*Cucurbita pepo*, 品种: 早青一代)为供试寄主植物。将棉花和西葫芦种子分别播于盛有营养土的花盆(口径15 cm)中, 播种后即用地100目纱网封盖, 以获取无粉虱及其他害虫污染的干净寄主植物。

在棉花生长至具5~6片真叶、西葫芦生长至具2~3片真叶时,仔细检查确保无虫后用于接虫试验。

1.3 两种生物型在棉花和西葫芦上的发育、生殖和存活

发育: 从实验种群中取B型、ZHJ-1型烟粉虱成虫各30头,分别以微虫笼(臧连生等, 2005)罩于供试棉株叶子的背面,两生物型各重复5次(棉叶叶龄基本一致),产卵12 h后,去除粉虱成虫。15 d后开始检查粉虱羽化情况,每天上午10:00检查一次,直至全部羽化。

生殖: 取初羽化的B型、ZHJ-1型烟粉虱雌虫各1头,分别配以2头同型初羽化雄虫,接于供试棉花棉叶上的微虫笼内,各重复10次。调查产卵量时,将罩微虫笼的叶片部位剪下镜检,将粉虱成虫和微虫笼重新接回其他叶片,每2 d调查一次,共调查8次。

存活: 取初羽化的B型、ZHJ-1型烟粉虱成虫各10头,分别用微虫笼罩于供试棉株叶片的背面,两个生物型各重复10次。每天下午15:00调查一次成虫的存活情况,直至粉虱全部死亡。

两个生物型在西葫芦上的发育、生殖和存活的试验方法同棉花。

以上试验均在人工气候室内进行(12L:12D; 28 ℃; 80% RH),并用温湿度记录仪监测温湿度变化。试验数据用DPS数据处理系统中的Student *t* 测验进行分析(唐启义和冯明光, 2002)。

1.4 两个生物型以相同数量开始共存竞争

1.4.1 在棉花上的竞争

共存竞争1代: 取初羽化的B型、ZHJ-1型烟粉虱各10对(每对为1♀1♂,下同),混合接于放有2盆供试棉花的养虫笼内(尺寸为55 cm×55 cm×55 cm,下同),以单独接初羽化的B型或ZHJ-1型各20对为对照,每处理重复2次。接虫18 d后,即F1代个体即将发育到成虫时,将存活的粉虱成虫全部去除。去虫后,每2天将羽化的F1代成虫全部用指形管取出,共计取虫9次,-20 ℃冷藏,收虫结束后镜检,调查雌雄比例(雌性个体数:雄性个体数),并将雌虫和雄虫分别浸入75%酒精中保存。

共存竞争2代: 初始接虫方法同“共存竞争1代”。接虫18 d后将存活的粉虱成虫全部去除。接虫36 d后,将F1代羽化的成虫全部去除。去除F1代成虫后,每2 d将F2代羽化成虫全部用指形管

取出,共计取虫9次,-20 ℃冷藏,收虫结束后镜检,调查雌雄比例,并将雌虫和雄虫分别浸入75%酒精中保存。

共存竞争3代: 初始接虫方法同“共存竞争1代”。接虫18 d后将存活的粉虱成虫全部去除。接虫36 d后,将F1代羽化的成虫全部去除。接虫54 d后,将F2代羽化的成虫全部去除。去除F2代成虫后,每2 d将F3代羽化成虫全部用指形管取出,共计取虫9次,-20 ℃冷藏,收虫结束后镜检,调查雌雄比例,并将雌虫和雄虫分别浸入75%酒精中保存。

F4-F7代的竞争: 以F3代竞争处理为基础,在F3代收虫结束后,每隔25 d(粗略计为1代的间隔期)各重复随机取2张棉叶,用指形管小心将叶背的成虫尽量全部回收,-20 ℃冷藏,共计取虫4次,每次收虫后,镜检,调查雌雄比例,并将雌虫和雄虫分别浸入75%酒精中保存。

以上试验过程中,根据棉花的生长状况,随时补充新的供试棉株。

1.4.2 在西葫芦上的竞争

试验设计与棉花上以相同数量开始共存竞争的相同,进行了共存竞争1代、2代、3代三个处理。

1.5 以ZHJ-1型数量占优势开始共存竞争

取初羽化的ZHJ-1型烟粉虱20对和B型烟粉虱3对,混合接于放有2盆供试棉花的养虫笼内,以单独接初羽化ZHJ-1型23对为对照,每处理重复2次。每隔25 d随机选择2张棉叶,用指形管小心将叶背的成虫尽量全部取出,共计取虫10次,-20 ℃冷藏,每次收虫后,镜检,调查雌雄比例,并将雌虫和雄虫分别浸入75%酒精中保存。试验过程中随时补充新的棉花植株。

1.6 利用SCAR引物检测混合种群中B型与ZHJ-1型烟粉虱的比例

利用引物H16对B型和ZHJ-1型不同种群的烟粉虱进行PCR扩增,结果表明,ZHJ-1型不同种群烟粉虱均能扩增出390 bp的条带,而B型不同种群烟粉虱均不能扩增同样大小的条带(图1),对图1中箭头所示的ZHJ-1型烟粉虱的特异条带回收、纯化、克隆并测序,根据测序结果合成1对SCAR引物(F: 5'-ACAACCTCCCTCGGTCGACC-3'; R: 5'-TCAGCTGGCTCCAAGTTGCC-3'),该对SCAR引物能有效区分B型与ZHJ-1型烟粉虱(图2)。利用该对SCAR引物对上述竞争试验各代(或抽样)混合种群

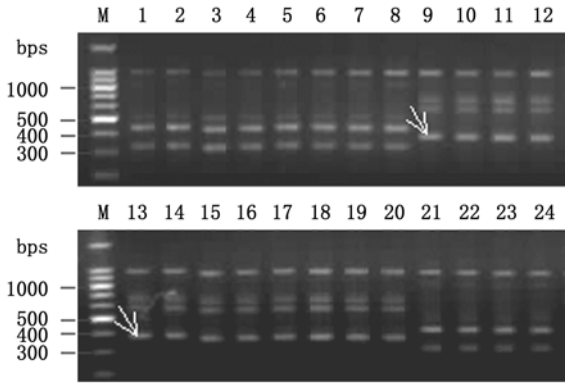


图1 随机引物H16对B型和ZHJ-1型烟粉虱的扩增结果 M: marker; 1-2: B型烟草种群雌虫; 3-4: B型烟草种群雄虫; 5-6: B型棉花种群雌虫; 7-8: B型棉花种群雄虫; 9-10: ZHJ-1型棉花种群雌虫; 11-12: ZHJ-1型棉花种群雄虫; 13-14: ZHJ-1型辣椒种群雌虫; 15-16: ZHJ-1型辣椒种群雄虫; 17-18: ZHJ-1型西葫芦种群雌虫; 19-20: ZHJ-1型西葫芦种群雄虫; 21-22: B型西葫芦种群雌虫; 23-24: B型西葫芦种群雄虫。箭头所示的ZHJ-1型特异型条带能有效区分B型和ZHJ-1型烟粉虱。

Fig. 1 RAPD-PCR amplifications for two biotypes of whiteflies with primer H16. M, marker; 1-2, B biotype females of tobacco population; 3-4, B biotype males of tobacco population; 5-6, B biotype females of cotton population; 7-8, B biotype males of cotton population; 9-10, ZHJ-1 biotype females of cotton population; 11-12, ZHJ-1 biotype males of cotton population; 13-14, ZHJ-1 biotype females of cayenne pepper population; 15-16, ZHJ-1 biotype males of cayenne pepper population; 17-18, ZHJ-1 biotype females of squash population; 19-20, ZHJ-1 biotype males of squash population; 21-22, B biotype females of squash population; 23-24, B biotype males of squash population. B biotype and ZHJ-1 biotype can be distinguished by the specific band of the ZHJ-1 biotype indicated by the arrow.

进行检测, 各代每个重复 (或抽样) 随机检测100头雌虫, 由此来确定两生物型相对比例的变化。

2 结果

2.1 两种生物型在棉花和西葫芦上的发育、存活和生殖

在L:D为12:12、平均温度为27.3、平均相对湿度为76.9%的条件下, 寄主棉花上的ZHJ-1型平均发育历期比B型约短2 d; 两生物型的产卵量无显著差异, 但B型的平均存活期比ZHJ-1型长约9 d; 在西葫芦上, B型平均发育历期比ZHJ-1型约短1.5 d; 两生物型的产卵量无显著差异, 但B型的平均存活期比ZHJ-1型约长4 d(表1)。

2.2 两种生物型在棉花上以相同数量开始共存竞争

F1至F7代, ZHJ-1型单独生存时雌雄比率始终保持在1.0左右(1.0 ± 0.1); 而B型单独生存时F1代的雌雄比率高达2.9, 从F2至F7代, 雌雄比率基本保持在2.0左右(2.0 ± 0.1)。两生物型混合竞争不同代次雌雄比率变化趋势与B型单独生存时的较为接近: 从F3代开始, 雌雄比率逐渐上升, 到F6至F7代时, 与B型的雌雄比率基本相同。SCAR引物检测结果表明, 在棉花上, 当两生物型以相同数量开始共存竞争时, 随着时间的推移, 后代中B型所占的百分率逐渐增加; 当到F6代时, ZHJ-1型完全被B型替代(图3)。

2.3 两种生物型在西葫芦上以相同数量开始共存竞争

在西葫芦上, 两生物型混合、B型、ZHJ-1型三个处理中后代雌雄比例变化幅度在代次间均较大, 而且F1代的雌雄比例均较低, 分别为1.1、0.8、0.4, 这与在棉花上的结果不同。然而, 混合竞争与B型单独生存两处理间雌雄比率变化的趋势相似, 且一直比ZHJ-1型单独生存的要高, 这与在棉花上的结果一致。SCAR引物检测结果表明, 在西葫芦上, 当两生物型以相同数量开始共存竞争时, 经过1代, 后代中B型所占的比率高达98%; 到F2代时, ZHJ-1型即被B型完全替代(图4)。

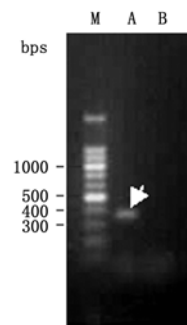


图2 SCAR引物有效扩增ZHJ-1型烟粉虱的特异性片段 (箭头所示), 而B型烟粉虱则无扩增(M: marker; A: ZHJ-1型; B: B型)

Fig. 2 The PCR amplification of the band characteristic of the ZHJ-1 biotype with the SCAR primer. A, ZHJ-1 biotype; B, B biotype.

表1 两种生物型烟粉虱在棉花和西葫芦上的发育、生殖和存活

Table 1 Development, reproduction and survival of B biotype and ZHJ-1 biotype of *Bemisia tabaci* on cotton and squash

寄主植物 Host plant	生物型 Biotype	发育历期 Development time (d)	产卵量(粒) Number of eggs laid	存活期 Adult longevity (d)
棉花 Cotton	B	23.1±0.4 a	62.2±7.8	20.3±4.0 A
	ZHJ-1	21.5±0.3 b	75.0±8.0	11.2±3.1 B
西葫芦 Squash	B	21.4±0.3 a	16.0±5.1	6.1±1.7 A
	ZHJ-1	22.9±0.3 b	9.6±3.1	2.2±0.5 B

表中为平均值±标准误, 同一寄主植物同一栏内两平均值后字母不同示差异达 $P<0.05$ (小写字母)或 $P<0.001$ (大写字母)显著水平

All figures in the table are mean±S.E. The two mean values of the same host plant in the same column followed by different letters differ at $P<0.05$ (small letters) or $P<0.001$ (capital letters) level.

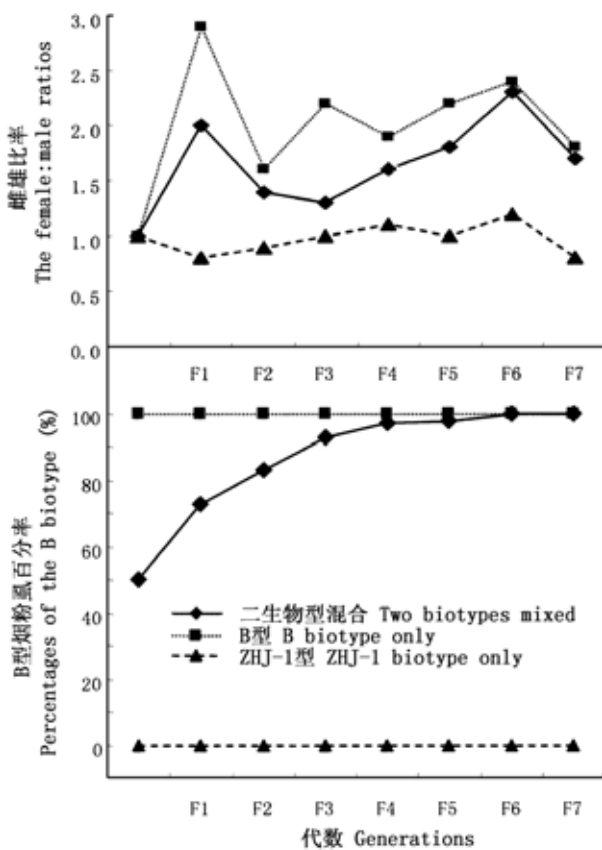


图3 B型与ZHJ-1型烟粉虱在棉花上以相同数量开始共存竞争不同代次后雌雄比率及B型所占比例的变化(图中数据为2次重复的平均值)

Fig.3 Changes of the female:male ratio and percentages of the B biotype in the mixed population when the two biotypes began to coexist in equal numbers and competed on cotton (the data in the figure are mean values of two replicates)

2.4 在棉花上以ZHJ-1型数量占优势开始共存竞争

从图5可知, 以ZHJ-1型20对、B型3对开始共

存竞争时, 25 d后雌雄比例为1.2, 随着时间的推移, 后代雌雄比例逐渐增加, 150 d后就持续维持在2.0左右。而ZHJ-1型单独生存时后代雌雄比例一直保持在1.0上下。经SCAR引物检测, 25 d后ZHJ-1型占后代混合种群的71%, 随着时间的推移, ZHJ-1型被B型逐渐替代, 共存125 d后ZHJ-1型仅占总体的10%, 共存225 d后ZHJ-1型已被B型烟粉虱完全替代。

3 讨论

本研究结果表明, 当一个B型烟粉虱种群与一个浙江非B型烟粉虱种群共存时, 前者可在几代时间内将后者取代, 即使开始时B型个体所占的比例很低, 这种取代也可在几代时间内发生。这表明, 近年来入侵我国的B型烟粉虱具有在短期内竞争取代浙江非B型烟粉虱的能力。B型烟粉虱单独生存时雌雄比例一般为2.0, 而浙江非B型单独生存时雌雄比例一般为1.0。当两个生物型共存竞争时, 混合种群中的雌雄比例表现出逐步提高并达到2.0, 这种种群中雌雄比例的变化趋势与B型个体比例逐步提高的趋势相一致。因此, 当只有这两个生物型共存时, 雌雄性比即可初步反映两者所占的相对比例。

对两种生物型在棉花上发育、存活和生殖的比较表明, 棉花是浙江非B型烟粉虱的适宜寄主植物(浙江非B型烟粉虱的田间采集寄主即为棉花); 而B型烟粉虱对棉花的适应性次之。但在棉花上的竞争结果表明, 即使在浙江非B型烟粉虱数量占优势时开始共存, 经过约9代的竞争, B型仍能完全取代浙江非B型, 这显示出B型烟粉虱

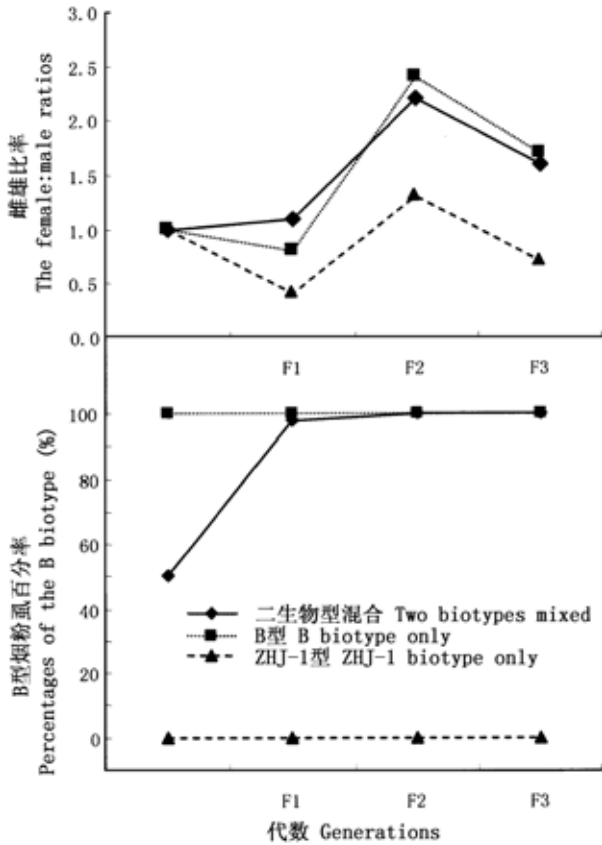


图4 B型与ZHJ-1型烟粉虱在西葫芦上以相同数量开始共存竞争不同代次后雌雄比率及B型所占比例的变化(图中数据为2次重复的平均值)

Fig.4 Changes of the female:male ratio and percentages of the B biotype in the mixed population when two biotypes began to coexist in equal numbers and competed on squash (the data in the figure are mean values of two replicates)

除了寄主范围比大多数非B型的要宽而对其竞争有利外，还在其他一些特性上有明显的竞争优势。Perring等(1993)和De Barro等(2000)报道，B型同本地的非B型烟粉虱在交配行为上存在明显差异，而且当B型同非B型烟粉虱在一起时，B型雄虫对本地非B型的交配具有明显地干扰。Pascual等(2004)报道，B型与Q型烟粉虱之间也存在一定的生殖干扰。De Barro等(2000)以猩猩草(*Euphorbia cyathophora*)为寄主进行的竞争试验结果表明，当B型与澳大利亚本地的EAN型以相同比例混合后开始竞争，经过3代，B型占84%，并且发现两者的杂交个体在后代中占3%，这与我们的结果不同。本研究中，B型与浙江非B型烟粉虱以相同数量在棉花上开始竞争，经过3代，B

型占93%，经过6代即可将浙江非B型烟粉虱完全替代，并且两者无杂交后代产生(杂交试验与交配行为研究结果已证实两生物型之间生殖上完全隔离，待发表资料)。同De Barro等(2000)的研究结果相比，近年来入侵我国的B型对浙江非B型烟粉虱竞争干扰作用更明显。

在热带、亚热带及相邻的温带地区，烟粉虱每年能发生11-15代，而且B型烟粉虱的产卵量

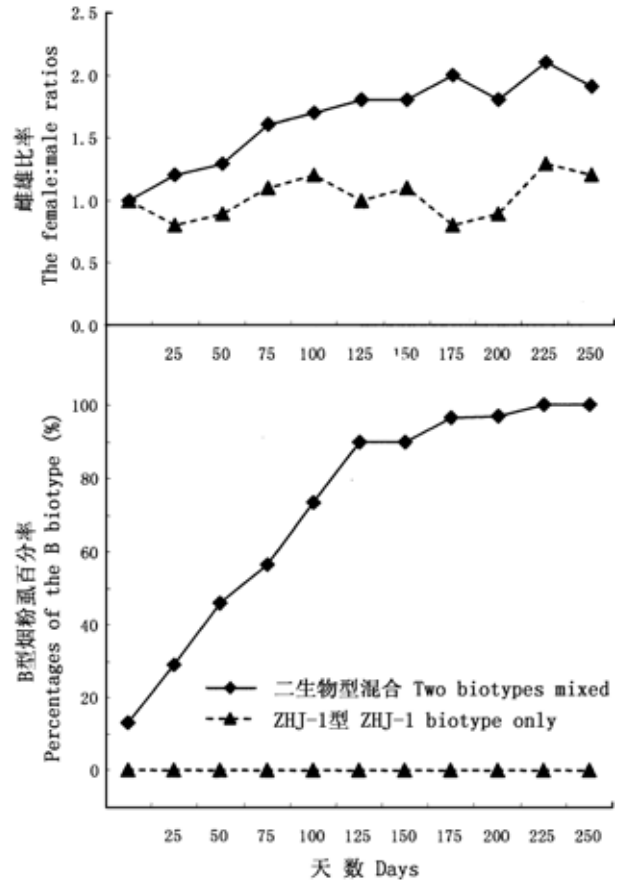


图5 在棉花上以ZHJ-1型烟粉虱数量占优势共存竞争不同时间后雌雄比率及B型所占比例的变化(图中数据为2次重复的平均值)

Fig.5 Changes of the female:male ratio and percentages of the B biotype in the mixed population when the ZHJ-1 biotype predominated at the beginning of the coexistence and competition of the B biotype and ZHJ-1 biotype on cotton (the data in the figure are mean values of two replicates)

大，抗药性强，寄主植物广泛(保守估计已超过500种)(Brown *et al.*, 1995)。寄主植物适应性测定结果表明，同B型相比，ZHJ-1型烟粉虱寄主范围较窄，棉花是其最适合的寄主植物(待发表资料)。

由于种植结构的调整,在浙江,近年来适合ZHJ-1型烟粉虱存活的棉花的种植面积逐渐减少,再加之B型烟粉虱较ZHJ-1型烟粉虱有更强的内在竞争能力,因而,B型烟粉虱侵入后,在较短时间内即可取代本地ZHJ-1型烟粉虱。

致谢 北京市农林科学院罗晨副研究员、中国农业科学院谢丙炎研究员、张友军研究员对烟粉虱生物型的鉴定方法提出建议。澳大利亚CSIRO Division of Entomology的Paul De Barro博士帮助分析文中两个烟粉虱生物型的系统发育关系。

参考文献

- Barinaga M (1993) Is devastating whitefly invader really a new species? *Science*, **259**, 30.
- Bellows TS, Perring TM, Gill RJ, Headrick DH (1994) Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals of the Entomological Society of America*, **87**, 195–206.
- Berry SD, Fondong VN, Rey C, Rogan D, Fauquet CM, Brown JK (2004) Molecular evidence for five distinct *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) geographic haplotypes associated with cassava plants in Sub-Saharan Africa. *Annals of the Entomological Society of America*, **97**, 852–859.
- Brown JK, Frohlich DR, Rosell RC (1995) The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annual Review of Entomology*, **40**, 511–534.
- Chou I (周尧)(1949) Listo de la konataj Aleurodoj "Homoteroj" en cinio. *Entomologia Sinica* (中国昆虫科学), **4**, 1–18. (in Chinese)
- Costa HS, Johnson MW, Ullman DE, Omer AD, Tabashnik BE (1993) Sweetpotato whitefly (Homoptera, Aleyrodidae): analysis of biotypes and distribution in Hawaii. *Environmental Entomology*, **22**, 16–20.
- De Barro PJ, Driver F (1997) Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera:Aleyrodidae). *Australian Journal of Entomology*, **36**, 149–152.
- De Barro PJ, Hart PJ (2000) Mating interactions between two biotypes of the whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Australia. *Bulletin of Entomological Research*, **90**, 103–112.
- Hu DX(胡敦孝), Wu XX(吴杏霞) (2001) An indicator for presence of silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)—squash silverleaf. *Plant Quarantine* (植物检疫), **15**, 132–136. (in Chinese with English abstract)
- Ko CC(柯俊成), Chen CN(陈秋男), Wang CX(王重雄) (2002) A review of taxonomic studies on the *Bemisia tabaci* species complex. *Formosan Entomologist* (台湾昆虫), **22**, 307–341. (in Chinese with English abstract)
- Lima LHC, Campos L, Moretzsohn MC, Navia D, de Oliveira MRV (2002) Genetic diversity of *Bemisia tabaci* (Genn.) populations in Brazil revealed by RAPD markers. *Genetics and Molecular Biology*, **25**, 217–223.
- Luo C(罗晨), Yao Y(姚远), Wang RJ(王戎疆), Yan FM(阎凤鸣), Hu DX(胡敦孝), Zhang ZL(张芝利) (2002) The use of mitochondrial cytochrome oxidase I (mt CO I) gene sequences for the identification of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), **45**, 759–763. (in Chinese with English abstract)
- Luo ZY(罗志义), Zhang WN(章伟年), Gan GP(干国培) (1989) Population dynamics of tobacco whitefly in cotton field and the influence of insecticide application. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), **32**, 293–299. (in Chinese with English abstract)
- Pascual S, Callejas C (2004) Intra and interspecific competition between biotypes B and Q of *Bemisia tabaci*. *Bulletin of Entomological Research*, **94**, 369–375.
- Perring TM (2001) The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection*, **20**, 725–737.
- Perring TM, Cooper AD, Rodriguez RJ, Farrar CA, Bellows TS (1993) Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science*, **259**, 74–77.
- Qiu BL(邱宝利), Ren SX(任顺祥), Wen SY(温硕洋), Mandour NS (2003) Biotype identification of the populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in China using RAPD-PCR. *Acta Entomologica Sinica*(昆虫学报), **46**, 605–608.
- Quintero C, Cardona C, Ramirez D, Jimenez N (1998) First report of biotype B of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, **12**, 23–28.
- Tang QY(唐启义), Feng MG(冯明光) (2002) *DPS Data Processing System for Practical Statistics* (实用统计分析及其DPS数据处理系统), pp. 36–38. Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Wu XX, Hu DX, Li ZX, Shen ZR (2002) Using RAPD-PCR to distinguish biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in China. *Entomologia Sinica*, **9**(3), 1–8.
- Zang LS (臧连生), Liu YQ(刘银泉), Liu SS(刘树生) (2005) A new type of small leaf clip-cage for rearing whiteflies in experimental studies. *Chinese Bulletin of Entomology* (昆虫知识), **42**(3), in press. (in Chinese with English abstract)
- Zhang GX(张广学), Wang LY(王林瑶) (1972) *Atlas of Cotton Pests* (棉虫图册), pp. 21–22. Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Zhang ZL(张芝利) (2000) Some thoughts to the outbreaks of tobacco whitefly. *Beijing Agricultural Sciences* (北京农业科学), **18**(Suppl.), 1–3. (in Chinese)

(责任编辑: 闫文杰)