

B 型烟粉虱在 6 个烟草品种上的取食行为

胡彧娴, 刘长明

福建农林大学植物保护学院,农业部亚热带农业生物灾害与治理重点开放实验室,
福建省昆虫生态重点实验室,福建 福州 350002

摘要:【背景】不同烟草品种会影响 B 型烟粉虱的取食选择性,但具体的机制尚不明确。刺吸电波图(EPG)技术是研究刺吸式昆虫对寄主植物取食选择性的的重要手段,通过烟粉虱取食产生的电信号,可以分析其对不同烟草品种的取食差异。【方法】应用 EPG 技术对 B 型烟粉虱雌成虫在 6 个烟草品种(翠碧 1 号、K326、闽烟 7 号、云烟 85、云烟 87、红花大金元)上的取食行为进行比较研究。【结果】6 个烟草品种上有效记录的雌成虫数均为 18 头,在翠碧 1 号、K326、闽烟 7 号、云烟 87、云烟 85 和红花大金元叶片上能够到达韧皮部的个体数分别为 15、15、12、13、15 和 15 头,能够持续吸食个体数分别为 13、14、8、12、14 和 15 头。烟粉虱雌成虫在 6 个烟草品种上的非刺探(np)波所占的比例差异显著,在红花大金元上所占的比例最小,显著低于其他 5 个品种。雌成虫在红花大金元和 K326 上 E1 波的总持续时间显著短于闽烟 7 号和云烟 87。雌成虫在红花大金元上 E2 波的总持续时间显著长于其他 5 个品种,而在闽烟 7 号、云烟 87 和云烟 85 上显著短于其他 3 个品种。【结论与意义】在 6 个烟草品种中,B 型烟粉虱雌成虫最喜食红花大金元,最不喜食闽烟 7 号和云烟 87。因此,在福建省 B 型烟粉虱的发生区,选择烟草品种时可根据实际情况减少红花大金元的种植,增多闽烟 7 号和云烟 87 等抗 B 型烟粉虱品种的种植。

关键词: B 型烟粉虱; 雌成虫; 取食行为; 刺吸电波图; 烟草品种

Feeding behaviors of *Bemisia tabaci* B-biotype on six tobacco varieties

Yu-xian HU, Chang-ming LIU

Fujian Provincial Key Laboratory of Insect Ecology, Key Laboratory of Subtropical Agro-Biological Disasters and Management, Ministry of Agriculture, College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China

Abstract:【Background】The feeding choice of *Bemisia tabaci* B-biotype can be affected by different tobacco varieties, but the specific mechanism is unclear. Electrical penetration graph (EPG) technique is an important method that can study feeding choice of piercing-sucking insects on host plants, and it can analyze the feeding differences of *B. tabaci* on different tobacco varieties, through the electrical signals change generated by feeding of *B. tabaci*. 【Method】Feeding behaviors of female adults of *B. tabaci* B-biotype on 6 tobacco varieties (cv. CB-1, K326, Minyan 7, Yunyan 87, Yunyan 85 and Honghuadajinyuan) were observed by EPG technique. 【Result】The feeding behaviors of 18 female adults were effectively recorded, on each variety. 15, 15, 12, 13, 15 and 15 individuals reached phloem of cv. s CB-1, K326, Minyan 7, Yunyan 87, Yunyan 85 and Honghuadajinyuan respectively, and among them, 13, 14, 8, 12, 14 and 15 individuals could ingest plant sap continuously. There was significant different in the percentage of non-probing of female adults on different varieties. The percentage of non-probing on Honghuadajinyuan was the smallest. Total duration of salivation into sieve elements (waveform E1) on cv. s Honghuadajinyuan and K326 were significantly shorter than those on cv. s Minyan 7 and Yunyan 87; The total duration of phloem ingestion (waveform E2) on Honghuadajinyuan were significantly longer than others; The times of all E2 periods on cv. s Minyan 7, Yunyan 87 and Yunyan 85 were significantly shorter than those on other three varieties. 【Conclusion and significance】Female adults of *B. tabaci* B-biotype preferred cv. Honghuadajinyuan, and least preferred cv. s Minyan 7 and Yunyan 87 among the examined tobacco cultivars. Therefore, in Fujian Province where *B. tabaci* B-biotype is present/ invading, planting tobacco cv. Honghuadajinyuan would be advantageous, and *B. tabaci* B-biotype-resistant varieties such as cv. Minyan 7 and Yunyan 87 are more widely planted than currently.

Key words: *Bemisia tabaci* B-biotype; female adult; feeding behavior; electrical penetration graph; tobacco variety

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 是一种世界性分布的多食性害虫(马瑞燕, 2005), 而 B 型烟粉虱因能更好地适应外界环境, 交配能力强, 有较快的内禀增长率(Delatte *et al.*, 2009; Zang & Liu, 2007), 造成的危害最为严重。据报道, 国内至少有 11 个省 19 个地区发现 B 型烟粉虱的分布(邱宝利等, 2003)。烟草 *Nicotiana tabacum* L. 是 B 型烟粉虱的喜食植物, 烟粉虱除直接刺吸烟草汁液影响其正常生长外, 还分泌大量的蜜露, 诱发严重的煤污病, 导致叶片呈现灰黑色, 直接影响烤烟的品质(王承香等, 2009)。不同烟草品种对 B 型烟粉虱的抗性水平有所差异, 但其机制尚不明确。

刺吸电波图(electrical penetration graph, EPG)技术可以用来记录刺吸式昆虫口针在寄主组织中的刺探行为, 该技术使昆虫口针在寄主组织中的准确定位成为可能。这对研究这类昆虫的取食、传毒行为, 解释昆虫对寄主植物的选择性, 了解寄主植物的感、抗性机制有重要的意义(胡想顺等, 2006; Tjallingii, 1978)。EPG 技术最早用于研究蚜虫 *Aphis gossypii* Glover 口针在植物组织内的取食行为(Mclean & Kinsey, 1964)。随着研究的深入, 一些学者开始运用 EPG 技术分析其他刺吸式昆虫。近年来, 关于 EPG 技术在烟粉虱方面的应用取得了较大进展。继 Jiang *et al.* (1999) 用 EPG 技术对烟粉虱的取食行为进行研究之后, Johnson & Walker (1999) 用该技术测定了 B 型烟粉虱雌成虫的 pd 波, 并找出了与蚜虫 pd 波之间的差异。岳梅等(2005)对烟粉虱 EPG 试验方法进行了总结, 并对其粘连技术加以详述。高庆刚等(2006)应用 EPG 技术研究了 B 型、ZHJ-1 型烟粉虱和温室粉虱在甘蓝 *Brassica oleracea* L. 上的取食行为。林克剑等(2008)利用 EPG 技术记录了 B 型烟粉虱在不同寄主植物上的刺吸取食波形, 结果表明, 烟粉虱在不同寄主上的取食行为差异较大。

烟草是福建省的重要经济作物之一, 选育并种植抗烟粉虱品种对减少烟粉虱的危害起着重要作用。目前, 有关福建省主栽烟草品种对 B 型烟粉虱取食行为的影响尚未见报道。因此, 本文选取福建省主栽烟草品种, 应用 EPG 技术对 B 型烟粉虱雌成虫在不同烟草品种上的取食行为进行研究, 为烟

草抗烟粉虱品种的选育以及烟粉虱在烟草上的综合防治提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试烟粉虱为福建农林大学生物防治研究所温室大棚中用翠碧 1 号烟草植株继代饲养的种群, 经扬州大学杜予州教授鉴定为 B 型。

1.2 供试植物

6 个烟草品种分别为翠碧 1 号、K326、闽烟 7 号、云烟 87、云烟 85、红花大金元, 其种子由福建省烟草农业科学研究所提供, 种植于福建农林大学生物防治研究所温室内。

将供试品种的种子播于育苗盘上, 待幼苗长出后, 移至一次性塑料杯(上口径 7 cm、下口径 6 cm、高 7.8 cm)中, 每杯 1 株苗。将其放入玻璃柜中隔离, 以获取无粉虱及其他害虫污染的干净寄主植物, 然后进行统一管理。

1.3 试验方法

采用 DC-EPG Giga-8 刺吸电波图记录仪(荷兰瓦尔根大学制造), 选择羽化 1 周的 B 型烟粉虱雌成虫与烟苗, 分别连入生物电流放大器的昆虫电极和植物电极。根据岳梅等(2005)的冷冻法改进对烟粉虱雌成虫的粘连。昆虫电极是一段长 2~3 cm、直径 18.5 μm 的金丝, 末端用水溶性导电银胶粘在雌成虫背板上, 植物电极插在植物生长的土壤中。每株苗上测 1 头雌成虫, 雌成虫置于烟苗从上数第 3、4 片叶子的背面。整个记录系统置于法拉第金属屏蔽罩中以防止外源噪声干扰。总记录时间为 6 h, 6 个烟草品种上的有效记录样本数均为 18 头。

在前人研究的基础上, 参考烟粉虱(高庆刚等, 2006; Jiang *et al.*, 2001)的波形, 将烟粉虱雌成虫在不同烟草品种上的刺吸电波图与取食行为相对应。EPG 各种波形及生物学意义详见陈建明等(2002)及雷宏和徐汝梅(1996)。本试验将整个记录过程分为 3 个阶段: (1) 烟粉虱雌成虫口针第 1 次到达韧皮部取食之前的刺探行为; (2) 烟粉虱雌成虫口针第 1 次到达韧皮部至第 1 次韧皮部持续吸食; (3) 烟粉虱雌成虫口针从第 1 次韧皮部持续吸食至记录结束。选取 14 个参数进行分析(苗进等, 2011; Klingler *et al.*, 1998)。

1.4 数据处理

在 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 17.0 软件中分析试验数据,将百分数经反正弦转换后再进行显著性分析。每头雌成虫在烟草上的取食行为在记录仪上呈现不同的波形,有些烟粉虱个体虽未到达韧皮部或不能持续吸食,但在烟草上仍进行刺探行为,其数据有效,只是相对应的 E1 波(昆虫分泌水溶性唾液)或 E2 波(在韧皮部被动取食)时间计为 0,并参与计算。

2 结果与分析

2.1 B 型烟粉虱雌成虫口针第 1 次到达韧皮部取食之前的刺探行为

由表 1 可以看出,雌成虫在 6 个烟草品种上非

刺探(non-probing, np)波所占的比例存在一定差异,在红花大金元上所占的比例最小,且显著小于其他 5 个品种($P<0.05$),为 21.88%;而在其他 5 个品种之间差异不显著。由此推测,烟粉虱在翠碧 1 号、K326、闽烟 7 号、云烟 87 和云烟 85 表皮处受到的阻碍较红花大金元大。雌成虫在 6 个烟草品种上第 1 次刺探的开始时间及持续时间、到达韧皮部之前的刺探次数、总刺探时间所占的比例(总记录时间为 6 h)差异均不显著。在有效记录的 18 头雌成虫中,在翠碧 1 号、K326、云烟 85 和红花大金元叶片上能够到达韧皮部的个体数均为 15 头,云烟 87 为 13 头,闽烟 7 号为 12 头,表明 6 个烟草品种的表皮—叶肉层均存在取食阻碍因子。

表 1 B 型烟粉虱雌成虫在 6 个烟草品种上的 EPG 参数(总记录时间为 6 h)

Table 1 The EPG parameters of female adults of <i>B. tabaci</i> B-biotype on 6 tobacco varieties (total recorded time is 6 hours)						
EPG 参数 EPG parameters	翠碧 1 号 CB-1	K326	闽烟 7 号 Minyan 7	云烟 87 Yunyan 87	云烟 85 Yunyan 85	红花大金元 Honghuadajinyuan
非刺探时间所占比例 Percentage of non-probing/%	54.53 ± 6.48a	41.86 ± 5.75a	57.14 ± 5.92a	44.99 ± 7.12a	42.86 ± 5.19a	21.88 ± 3.56b
到达韧皮部之前的刺探次数 No. of probes before phloem	6.47 ± 1.44a	6.47 ± 1.63a	25.27 ± 9.87a	28.93 ± 7.92a	11.73 ± 3.85a	12.80 ± 6.14a
第 1 次刺探开始时间 Time to 1st probing/s	1626.90 ± 901.69a	556.24 ± 389.53a	1850.86 ± 860.10a	391.19 ± 350.29a	185.28 ± 91.38a	523.61 ± 242.22a
第 1 次刺探持续时间 Time to 1st sustained probe/s	65.50 ± 19.98a	88.15 ± 32.15a	72.82 ± 33.84a	449.89 ± 285.77a	149.59 ± 58.17a	28.10 ± 11.98a
刺探时间所占比例 Percentage of probing/%	24.46 ± 3.83a	34.21 ± 4.50a	30.53 ± 4.65a	43.32 ± 6.24a	32.56 ± 4.44a	32.26 ± 3.56a
到达韧皮部的烟粉虱数/头 No. of whitefly reaching the phloem phase	15	15	12	13	15	15
第 1 次 E1 时间点 Time to 1st E1/s	3591.96 ± 1407.17a	1554.71 ± 474.07a	3969.62 ± 1362.55a	3192.52 ± 1022.20a	2937.23 ± 1125.91a	1397.06 ± 401.41a
第 1 次 E1 波持续时间 Time to sustained 1st E1/s	72.09 ± 49.73a	13.44 ± 3.20a	71.90 ± 48.01a	20.51 ± 10.96a	79.30 ± 67.11a	84.33 ± 55.93a
E1 波的总时间 Time of all E1 periods/min	17.18 ± 4.58ab	6.45 ± 1.98b	32.07 ± 7.88a	26.24 ± 9.48a	15.62 ± 4.76ab	8.00 ± 2.27b
第 1 次 E2 时间点 Time to 1st E2/s	4635.74 ± 1344.14a	2834.71 ± 741.02a	2595.80 ± 1031.99a	5144.77 ± 1704.69a	2561.47 ± 716.03a	3678.12 ± 1470.12a
第 1 次 E2 波持续时间 Time to sustained 1st E2/s	337.91 ± 165.66a	113.77 ± 53.22a	399.36 ± 242.75a	150.75 ± 62.73a	302.35 ± 126.72a	1163.10 ± 761.73a
E2 波的总时间 Time of all E2 periods/min	65.78 ± 9.60b	67.84 ± 14.76b	7.58 ± 2.87c	14.16 ± 6.01c	15.62 ± 4.76c	156.55 ± 12.70a
E 波(E1 + E2)所占比例 Percentage of E/%	20.64 ± 4.19bc	22.14 ± 2.90b	11.01 ± 2.81cd	9.26 ± 2.73d	20.27 ± 4.85bc	45.71 ± 3.53a
E 波平均持续时间 Mean time of E/min	3.02 ± 1.42b	2.04 ± 0.29b	2.13 ± 0.87b	2.27 ± 0.82b	2.46 ± 0.69b	10.00 ± 5.91a
在韧皮部持续吸食的烟粉虱数/头 No. of whitefly spent in E2 after the 1st phloem phase	13	14	8	12	14	15

部分数值为平均值 ± 标准误;同行数据后附相同小写字母者表示在 0.05 水平上差异不显著。
The datas are mean ± SE; Values within a row followed by the same small letter mean not significantly different at $P<0.05$ level.

2.2 B 型烟粉虱雌成虫口针第 1 次到达韧皮部至第 1 次韧皮部持续吸食

由表 1 可知,在红花大金元叶片上,到达韧皮部的 15 头雌成虫均能在韧皮部持续吸食;在云烟 85 和 K326 上,到达韧皮部的 15 头雌成虫中均有 14 头能够持续吸食;在翠碧 1 号上,到达韧皮部的 15 头雌成虫中有 13 头持续吸食;在云烟 87 上,到达韧皮部的 13 头雌成虫中有 12 头持续吸食;在闽烟 7 号上,到达韧皮部的 12 头雌成虫中仅有 8 头持续吸食。这与到达韧皮部的雌成虫个体数相比,表现出较大差异。说明红花大金元、云烟 85 和 K326 韧皮部基本不存在阻碍雌成虫吸食的因子,而闽烟 7 号韧皮部存在较多不适合烟粉虱吸食的因子。这也能从雌成虫在各烟草品种上 E1 波和 E2 波的持续时间明显看出。

雌成虫在 6 个烟草品种韧皮部第 1 次 E1 波出现的时间及其持续时间差异均不显著。但在红花大金元和 K326 叶片上,E1 波的总持续时间显著短于闽烟 7 号和云烟 87 ($P < 0.05$)。这说明相对其他品种而言,雌成虫在红花大金元和 K326 韧皮部吸食之前只要分泌较少的水溶性唾液即可持续吸食。

2.3 B 型烟粉虱雌成虫口针从第 1 次韧皮部持续吸食至记录结束

由表 1 可知,烟粉虱雌成虫在 6 个烟草品种上 E2 波出现的时间差异不显著。但在红花大金元叶片上,E2 波的总持续时间显著长于其他 5 个品种 ($P < 0.05$),而在闽烟 7 号、云烟 87 和云烟 85 上 E2 波的总持续时间显著短于其他 3 个品种 ($P < 0.05$)。综上所述可知,烟粉虱在闽烟 7 号和云烟 87 上 E1 波的总持续时间显著长于红花大金元和 K326 ($P < 0.05$),且 E2 波的总持续时间显著显著短于红花大金元、翠碧 1 号和 K326 ($P < 0.05$)。

雌成虫在取食红花大金元时,E 波 (E1 + E2) 所占的比例最大,为 45.71%,与其他 5 个品种差异显著 ($P < 0.05$);而在云烟 87 上,E 波所占的比例仅为 9.26%,显著低于其他 5 个品种 ($P < 0.05$);在翠碧 1 号、K326 和云烟 85 之间差异不显著。烟粉虱雌成虫在红花大金元上每次刺探 E 波的平均持续时间最长,为 10 min,与其他 5 个品种差异显著 ($P < 0.05$);而在 K326 和闽烟 7 号上的平均持续时间最短,分别为 2.04 和 2.13 min。

3 讨论

B 型烟粉虱雌成虫在 6 个烟草品种上的刺吸取食行为有明显差别。在红花大金元上取食时,非刺探时间所占的比例显著短于其他品种,韧皮部取食时间所占的比例显著长于其他品种,表明在这 6 个烟草品种中,B 型烟粉虱雌成虫较喜食红花大金元。而在闽烟 7 号和云烟 87 上非刺探时间所占的比例最多,且韧皮部取食时间所占的比例最少,说明 B 型烟粉虱雌成虫较不喜食闽烟 7 号和云烟 87。雌成虫在不同烟草品种上的取食行为不同,可能与烟草品种的表皮特性和韧皮部的阻碍因子有关,这有待于进一步研究。如果出现较多短暂的不连续的口针刺探、长时间的路径刺探以及长时间的非取食活动,则可推断抗性因子存在于表皮层和叶肉层;如果出现长时间的唾液分泌、较短时间甚至没有韧皮部取食活动,则可推断抗性因子存在于韧皮部 (Klingler *et al.*, 1998)。E 波反映了口针刺吸韧皮部筛管的过程,其可以分为 E1 波和 E2 波,E1 波表示昆虫分泌水溶性唾液,E2 波则表示在韧皮部被动吸食 (罗晨等, 2005; Prado & Tjallingii, 1994)。

岳梅等 (2006) 研究表明,甘蓝韧皮部适合 B 型烟粉虱取食且基本没有机械因子的阻碍;西葫芦 *Cucurbita pepo* L. 存在一定的阻碍因子,可能是吸食受阻,也可能是韧皮部存在取食抑制剂或缺少取食刺激剂;B 型烟粉虱对辣椒 *Capsicum annuum* L. 韧皮部极不适应,致使绝大多数粉虱口针能够到达韧皮部但不能在韧皮部持续吸食。本试验结果也表明,烟粉虱雌成虫在不同烟草品种韧皮部持续吸食的个体数有所差异。

EPG 技术已应用于植物抗性研究中,一方面,可以通过比较昆虫在不同抗性品种上的取食行为,确定抗性因子存在的部位,继而运用化学分析方法,确定抗性因子的化学成分;另一方面,EPG 技术也可作为快速筛选抗性植物的一种生测手段 (雷宏和徐汝梅, 1996)。Jiang *et al.* (2001) 用 EPG 记录到烟粉虱在含有 Mi 基因和不含 Mi 基因番茄 *Solanum lycopersicum* L. 上的取食波形有显著差异,并推测抗性基因很可能存在于与波形差异相关的叶表皮上。苗进和韩宝瑜 (2008) 研究证明,外源 MeSA 诱导茶 *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze 树产生抗性,对叶蝉 *Empoasca vitis* Goth 在韧皮部取食行为的影响较大,而对韧皮部以外刺探行为的影响较小,

从而推测,被诱导茶梢韧皮部的理化因子可能发生了某些改变,进而降低了叶蝉对茶树的接受程度。姜永幸和郭予元(1996)研究表明,棉蚜在抗、感品种上的取食波型E1、E2及C间差异极显著,其中高抗品种能显著缩短棉蚜的取食周期E2、增加取食前期的周期C。

本研究中,雌成虫在6个烟草品种上第1次刺探的开始时间差异很大,但不显著,可能是由于每个处理内18头雌成虫本身间存在较大的差异,而非6个处理间的差异。表1中的其他数据(第1次刺探的持续时间、第1次E1波出现的时间、第1次E1波的持续时间、E2波出现的时间)也存在类似情况。因此,在条件允许的情况下应适当增加各处理的样本数,以减少试验误差。

本文只对B型烟粉虱雌成虫在不同烟草品种上的取食行为进行了研究,有关其抗性部位及相应的阻碍因子尚需进一步探讨。同时,EPG技术存在一定的局限性,如金丝的捆绑效应使昆虫的活动范围受限,因此还需结合组织学技术、直接观察昆虫蜜露分泌、蜜露的化学成分分析等研究方法(陈建明等,2002),才能使结论更为准确。

致谢:福建省农业科学院植物保护研究所赵建伟在本试验中给予指导和帮助,在此深表感谢!

参考文献

陈建明,俞晓平,程家安,吕仲贤,郑许松,徐红星. 2002. 定量研究刺吸式昆虫取食行为的有效方法——电子取食监测仪的原理和应用技术. 浙江农业学报, 14(4): 237–243.

高庆刚,罗晨,郭晓军,墨铁路,张芝利. 2006. 烟粉虱和温室粉虱在甘蓝上的刺探取食行为比较. 昆虫知识, 43(6): 802–805.

胡想顺,刘小凤,赵惠燕. 2006. 刺探电位图谱(EPG)技术的原理与发展. 植物保护, 32(3): 1–4.

姜永幸,郭予元. 1996. 棉蚜在不同棉花品种上的取食行为及相对取食量的研究. 植物保护学报, 23(1): 1–7.

雷宏,徐汝梅. 1996. EPG——一种研究植食性刺吸式昆虫刺探行为的有效方法. 昆虫知识, 33(2): 116–120.

林克剑,吴孔明,张永军,郭予元. 2008. B型烟粉虱成虫对五种寄主植物的取食和产卵行为. 植物保护学报, 35(3): 199–204.

罗晨,岳梅,徐洪富,张芝利. 2005. EPG技术在昆虫学研究中的应用及进展. 昆虫学报, 48(3): 437–443.

马瑞燕. 2005. 入侵种烟粉虱及其持续治理. 北京: 科学出版社.

苗进,韩宝瑜. 2008. MeSA诱导茶树抗叶蝉取食效应的DC-EPG分析. 植物保护学报, 35(2): 143–147.

苗进,武予清,郁振兴,段云,蒋月丽,李国平. 2011. 基于EPG的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较. 生态学报, 31(1): 175–182.

邱宝利,任顺祥,肖燕,温硕洋, Mandour N S. 2003. 国内烟粉虱B生物型的分布及其控制措施研究. 华东昆虫学报, 12(2): 27–31.

王承香,薛明,耿小红,王洪涛,李玲玲,李庆亮. 2009. 烟草品种和温度对B型烟粉虱和温室白粉虱生物学参数的影响. 生态学报, 29(2): 720–726.

岳梅,罗晨,徐洪富,高庆刚,张芝利. 2005. 刺吸电波图实验中金丝与烟粉虱的粘连技术. 昆虫知识, 42(1): 326–328.

岳梅,罗晨,郭晓军,张芝利. 2006. B型烟粉虱在甘蓝、西葫芦和辣椒上的刺吸取食行为. 昆虫学报, 49(4): 625–629.

Delatte H, Duyck P F, Triboire A, David P, Becker N, Bonato O and Reynaud B. 2009. Differential invasion success among biotypes: case of *Bemisia tabaci*. *Biological Invasions*, 11(4): 1059–1070.

Jiang Y X, Lei H and Collar J L. 1999. Probing and feeding behavior of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. *Journal of Economic Entomology*, 92(2): 357–366.

Jiang Y X, Nombela G and Muniz M. 2001. Analysis by DC-EPG of the resistance to *Bemisia tabaci* on an Mi-tomato line. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99: 295–302.

Johnson D D and Walker G P. 1999. Intracellular punctures by the adult whitefly *Bemisia argentifolii* on DC and AC electronic feeding monitors. *Phytoparasitica*, 92(3): 257–270.

Klingler J, Powell G, Thompson G A and Isaacs R. 1998. Phloem specific aphid resistance in *Cucumis melo* line AR5: effects on feeding behaviour and performance of *Aphis gossypii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 86: 79–88.

McLean D L and Kinsey M G. 1964. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. *Nature*, 202: 1358–1359.

Prado E and Tjallingii W F. 1994. Aphid activities during sieve element punctures. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 72: 157–165.

Tjallingii W F. 1978. Electronic recording of penetration behavior by aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 24: 721–730.

Zang L S and Liu S S. 2007. A comparative study on mating behaviour between the B biotype and a non-B biotype of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Zhejiang, China. *Journal of Insect Behavior*, 20(2): 157–171.