

电子记录白背飞虱的取食和产卵行为

沈君辉¹ 刘光杰¹ 陈爱辉² 寒川一成³

(¹ 中国水稻研究所 国家水稻改良中心, 浙江 杭州 310006; E-mail: ps2000@mail. hz. zj. cn; ² 南京农业大学 植物保护系, 江苏 南京 210095;

³ 日本国际农林水产业研究中心, 日本 筑波 305-8686)

Electronic Monitoring Feeding and Oviposition Behavior of the Whitebacked Planthopper, *Sogatella furcifera*

SHEN Jun-hui¹, LIU Guang-jie¹, CHEN Ai-hui², Kazushige SOGAWA³

(¹ Chinese National Center for Rice Improvement, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; E-mail: ps2000@mail. hz. zj. cn; ² Department of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; ³ Japan International Research Center for

Agricultural Sciences, Tsukuba 305-8686, Japan)

Abstract: Feeding and oviposition behavior of the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera*, were electronically monitored on rice varieties of Chunjiang 06, Rathu Heenati (RHT) and Minghui 63. Honeydew amount, number of total eggs were also determined. Experimental results revealed that; among these three varieties, the frequency of exploratory probing of *S. furcifera* on RHT and Chunjiang 06 was much higher than that on Minghui 63, and the phloem ingestion duration was much shorter; Chunjiang 06 and Rathu Heenati showed strong feeding inhibition activity to *S. furcifera*, while Minghui 63 was susceptible; the number of total eggs, oviposition times, and average duration and total time of oviposition of *S. furcifera* were not significantly different on the three rice varieties, Chunjiang 06 showed ovicidal and feeding inhibition resistance, Rathu Heenati showed feeding inhibition resistance, Minghui 63 was a susceptible restorer line of hybrid rice.

Key words: *Sogatella furcifera*; rice; electronic monitoring; feeding; oviposition; resistance

摘要: 采用电子记录的方法,并结合蜜露量和产卵量测定,研究了白背飞虱在春江06、Rathu Heenati(RHT)和明恢63上的取食和产卵行为。结果表明:白背飞虱在RHT和春江06上的取食刺探频率显著高于明恢63,且取食韧皮部的时间明显少于明恢63;RHT和春江06对白背飞虱具有很强的拒取食作用,明恢63则较感虫;白背飞虱产卵的次数、每次持续时间、总时间及产卵量都不存在品种间的显著差异,具有杀卵作用的只有春江06。春江06具有杀卵和抑制取食两种抗虫性机制,RHT只具有抑制取食的机制,明恢63是感虫的杂交稻恢复系。

关键词: 白背飞虱; 水稻; 电子记录; 取食; 产卵; 抗性

中图分类号: S431.9; S435.112+.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2003)01-0073-04

白背飞虱 (*Sogatella furcifera* Horváth) 属同翅目 (Homoptera) 飞虱科 (Delphacidae), 是我国长江流域稻区的重要水稻害虫之一^[1]。它主要通过口针刺吸稻株韧皮部汁液为害水稻, 严重时呈虱烧状。抗虫品种の利用可有效地控制白背飞虱的危害, 且不杀伤天敌, 被认为是一种最经济实用的防治方法^[2]。取食量和产卵量是衡量水稻抗虫性的重要指标, 但不能确定抗虫性产生的真正原因, 如抑制取食的部位。电子记录技术可以通过记录刺吸式昆虫 (如叶蝉和飞虱等) 口针刺探和取食植物组织过程中产生的波形特征, 明确昆虫的取食行为过程, 深入了解植物抗虫性机制。电子记录褐飞虱^[3,4]和白背飞虱^[5]在不同抗性水稻品种上的取食行为研究发现, 相对于感虫品种而言, 飞虱在抗虫品种上口针重复性刺探, 较长时间分泌唾液, 取食时间很短。Sogawa 等研究表明对褐飞虱的抗性是由于不能持续取食韧皮部

筛管汁液引起的^[6], 韧皮部筛管中草酸的存在是引起褐飞虱在抗虫品种上不能持续取食的原因^[7]。本研究运用电子记录的方法, 并结合常规蜜露量、产卵量和卵发育率的测定, 比较研究白背飞虱在不同水稻品种上的取食和产卵行为, 明确其抗虫性机制。

1 材料与方法

1.1 供试水稻材料与虫源

本实验以 Rathu Heenati (RHT) (籼稻)、春江 06 (粳稻)、明恢 63 (杂交稻恢复系) 为供试材料, 稻

收稿日期: 2002-01-09; 修改稿收到日期: 2002-05-24。

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目 (302373); 国家 863 计划资助项目 (2001AA241025); “十五”国家科技攻关项目 (2001BA509B02-03); “十五”浙江省科技攻关项目 (011102202); 农业部水稻生物学重点实验室开放课题 (020402); CNRRI-JIRCAS 中日合作研究项目 (1998-2003)。

第一作者简介: 沈君辉 (1971-), 女, 助理研究员。

苗单株播种在小塑料杯中,待其长到30 d左右时进行各项测定。实验用的白背飞虱均取自中国水稻研究所富阳实验基地网室中,以TN1 稻苗饲养,并经多代纯化而来。

1.2 实验方法

1.2.1 电子记录白背飞虱的取食和产卵行为

采用的电子记录取食仪为AC型(Tsukuba Rika Seiki Co. L. T. D.)。IEM和IEM-AT软件分别用于数据文件的记录和分析,对照Hattori^[8]的波形特征进行波形的识别、分析。

将怀卵的白背飞虱雌成虫饥饿但饲水2 h,用CO₂气流短时间麻醉之后,迅速用导电银胶将一根细金线(长2~3 cm,直径20 μm)的一端与白背飞虱中胸背板粘合,金线的另一端与一段较粗铜丝相连至昆虫电极。取一健壮稻苗,用水将根部冲洗干净,去掉次生分蘖,保留主茎,将其根部置于一个加水的三角瓶中。用海绵塞将稻茎固定在瓶口中央,在瓶口海绵塞边缘插入一段粗铜丝,与植物电极相连。将植株以500 Hz、0.5 V的电流通电,然后移动三角瓶,使悬挂的试虫接触稻株叶鞘,并控制其活动范围尽可能在叶鞘上部,同时开始记录。每个品种设3次重复,每次用同一试虫连续记录10 h。所有记录均在室内进行,光周期为12 h光照/12 h黑暗,温度为

27℃左右,相对湿度为65%±5%。

1.2.2 蜜露量测定

取播种后30 d左右的健壮稻株,去掉次生分蘖,保留主茎,在主茎第一或第二叶鞘的顶部套一只石蜡膜(parafilm)小袋(约2.0 cm×3.5 cm),接入一只怀卵的白背飞虱长翅型雌成虫(饥饿但饲水2 h),在室温条件下取食24 h后,取下小袋,在精度为万分之一的电子天平上称重,测定蜜露量。1株稻苗为1个重复,每个品种重复15次。

1.2.3 产卵量和卵发育率的测定

取播种后30 d左右的稻苗,在其主茎第一或第二叶鞘的顶部套一只parafilm小袋,接入1头怀卵的白背飞虱长翅型雌成虫,让其产卵24 h,用透明双通塑料管罩住稻茎产卵区段,两端用海绵塞牢。5 d后剪下稻株在解剖镜下检查卵块数、发育卵量和未发育卵量,计算卵发育率。卵发育率=发育卵量/(发育卵量+未发育卵量)×100%。1株稻苗为1个重复,每个品种设10次重复。

2 结果与分析

2.1 电子记录白背飞虱取食和产卵行为

白背飞虱取食和产卵行为的波形见图1。在取食行为过程中可以观察到3种明显不同的波形,即

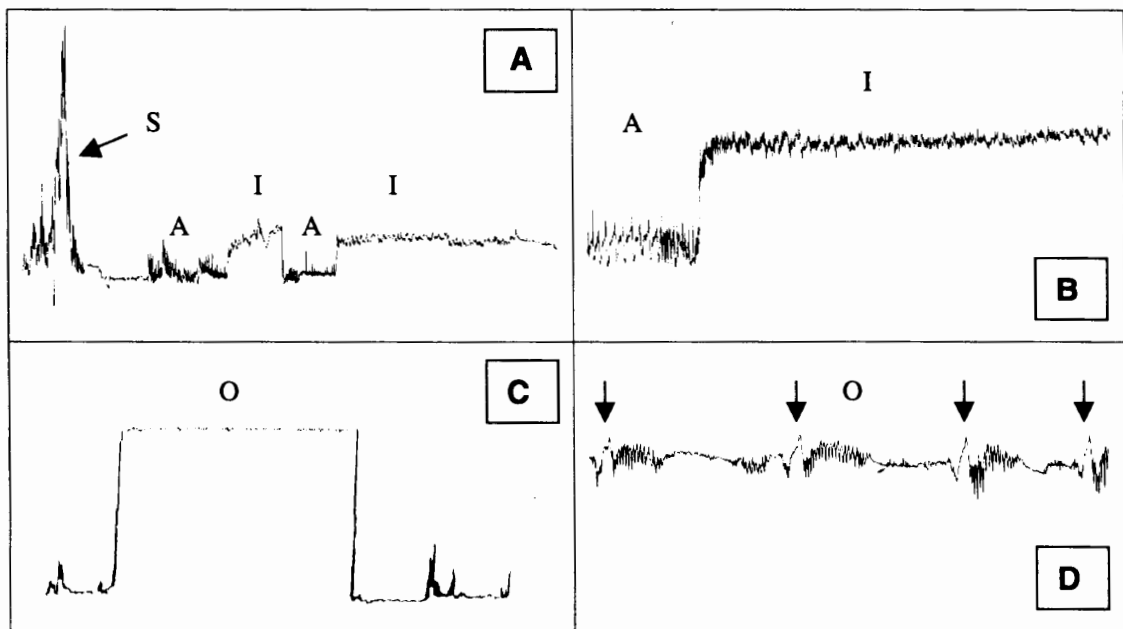


图1 白背飞虱的取食(A和B)与产卵(C和D)行为的电子记录波形

Fig. 1. Electronically-monitored waveforms during feeding (A and B) and oviposition (C and D) of *Sogatella furcifera*.

波形阅读顺序从左至右,图中波形上方对应的字母分别代表:S—唾液分泌;A—A波形;I—吸食韧皮部汁液;O—产卵。D中箭头所指为白背飞虱每产下1个卵所形成的电压波峰。

Charts are to be read from left to right. S—Salivation; A—A waveform; I—Ingestion from phloem; O—Oviposition. The arrow in D denotes the waveform when the whitebacked plant hopper releases one egg.

表 1 电子记录白背飞虱的取食和产卵行为结果

Table 1. Electronic monitoring feeding and oviposition events of *Sogatella furcifera*.

水稻品种 Rice variety	口针刺探 Stylet penetration times	韧皮部取食时间 Phloem ingestion duration/min	产卵次数 Oviposition times	总产卵时间 Total oviposition duration/min	平均产卵时间 Average oviposition duration/min
RHT	60.67±7.77 a	57.90±9.09 b	11.00±0.00 a	32.16±2.01 a	2.92±0.19 a
春江 06 Chunjiang 06	47.33±6.51 ab	67.15±7.19 b	7.33±2.31 a	29.57±7.13 a	3.95±1.23 a
明恢 63 Minghui 63	29.00±9.64 b	232.45±14.29 a	8.00±2.00 a	28.69±15.18 a	3.42±1.00 a

注:10 h 记录时间为 1 个重复,每个品种重复 3 次。同一测定项目中,平均数(±标准差)后具有相同英文字母者表示没有显著差异,最小显著差数法, $P=0.05$ 。下表同。

Note: 10 h recording represents one replicate, 3 replicates per variety. Means (±SD) followed by the same letter in a column are not significantly different by least significant difference (LSD) test, $P=0.05$. The same as table below.

表 2 白背飞虱在不同水稻品种上的产卵量和卵发育率

Table 2. Number of eggs and percentage of egg development of *Sogatella furcifera* on rice varieties.

品种 Variety	卵块数 No. of egg mass	卵块大小 Size of egg masses	总产卵量 No. of total eggs	卵发育率 Percentage of egg development/%
RHT	3.00±0.58 a	9.90±1.85 b	29.14±5.15 a	77.25±24.91 a
春江 06 Chunjiang 06	1.73±0.65 b	17.91±7.83 a	28.18±8.80 a	0.74±2.34 b
明恢 63 Minghui 63	2.33±0.71 ab	12.32±2.00 b	27.78±6.63 a	81.30±13.08 a

S、A 和 I。S 波形代表分泌唾液,形成口针鞘。I 波形代表取食韧皮部汁液。I 波总是伴随在 A 波以后出现,A 波与韧皮部筛管的接触有关,但其生物学意义还不很清楚。本实验中与取食行为有关的 S 波出现的次数统计为口针刺探次数。在产卵行为的过程中,主要包括 3 个部分,即产卵器的插入,卵的释放和产卵器的收回,图 1-D 中箭头所指即为卵释放所形成的波峰。白背飞虱在 RHT 上的刺探次数明显比在明恢 63 上多,春江 06 则介于两者之间(表 1);白背飞虱在明恢 63 上的韧皮部取食时间显著地高于春江 06 和 RHT,达到 232.45 min,在 RHT 上最少,为 57.9 min。白背飞虱在 3 个水稻品种上的产卵次数、产卵时间以及每次产卵平均时间均没有显著性差异。

2.2 蜜露量测定

蜜露量测定结果表明,白背飞虱在 3 个水稻品种上分泌的蜜露量以明恢 63 最多,为 11.26 mg/(雌·d),与 RHT 和春江 06 之间均存在显著差异。RHT 和春江 06 上的蜜露量分别为 1.04 mg/(雌·d)和 1.73 mg/(雌·d),RHT 最少,但与春江 06 的差异不显著(图 2)。

2.3 产卵量和卵发育率的测定

白背飞虱在 3 个水稻品种上的总产卵量没有显著差异,而卵块数和每卵块平均卵粒数却有较大的差别。RHT 上的卵块数最多,明恢 63 次之,春江 06 最少,并与 RHT 呈显著性差异。每卵块卵粒数的结

果所表现的趋势与卵块数的结果正好相反,春江 06 上的卵块最大,而 RHT 最小,它们之间差异显著。白背飞虱的卵发育率在春江 06 上极低,只有 0.74%,远远小于 RHT (77.25%) 和明恢 63 (81.30%),且 RHT 和明恢 63 之间没有显著差异(表 2)。剥卵过程中还发现,春江 06 上所产的卵出现水渍状病变,其中的大部分卵死亡,其他两个品种则没有这种现象。

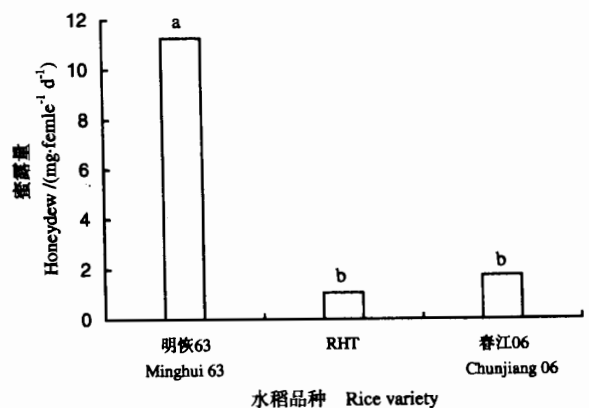


图 2 白背飞虱在不同水稻品种上分泌的蜜露量

Fig. 2. Honeydew excreted by *Sogatella furcifera* on different rice varieties.

同一测定中,具有相同英文字母者表示平均数之间没有显著性差异,最小显著差数法, $P=0.05$ 。

The same letters above the bars indicate no significant difference by least significant difference (LSD) test, $P=0.05$.

3 讨论

从蜜露量测定结果来看,RHT和春江06对白背飞虱有很强的拒取食作用,属抗虫品种,明恢63不具有拒取食作用,属感虫品种。电子记录结果表明,白背飞虱在抗虫稻株RHT和春江06上口针刺探次数较多,韧皮部取食波形(I波)被A波频繁地打断,同时韧皮部取食持续的时间较短,而在明恢63上口针刺探的频率则较低,且持续在韧皮部取食。韧皮部取食时间与取食量成正相关,持续取食导致白背飞虱取食量增加,这与Velusamy^[3]和Kimmins^[4]对褐飞虱的研究结果类似,同时也说明电子记录取食行为与常规测定蜜露量的结果的一致性。但电子记录的方法能更进一步明确抗虫性机制,白背飞虱在抗虫性的RHT和春江06上能产生韧皮部取食的波形,表明白背飞虱口针能顺利到筛管,在植株表皮细胞和薄壁组织中不存在抑制取食的因子,但不能持续取食,表明韧皮部筛管中存在某些抑制因子。这一点有待于通过收集抗虫品种的韧皮部汁液来进行证实。

对比分析产卵行为的常规测定和电子记录结果,表明白背飞虱在3个水稻品种上的产卵量之间没有显著差异,总产卵时间也表现相同的趋势,3个品种都不具有对白背飞虱的拒产卵性。卵块数与卵块大小之间以及产卵次数与平均产卵时间之间呈现出负相关性,即卵块数越少,卵块越大;卵块数越多,卵块越小;产卵次数与平均产卵时间也具有类似的负相关性。另一方面,常规测定白背飞虱卵在春江06上的发育率很低,春江06具杀卵作用,在电子记录过程中不能得到反映。此外,电子记录到的白背飞虱产卵行为次数与实际的卵块数之间差异很大,这说明白背飞虱的产卵行为也可能具有和取食行为类似的选择过程,电子记录所显示的产卵过程,并不一定都是有效的产卵行为。稻株的组织结构,营养成分以及电子记录过程中飞虱与金线的连结等都可能是影响白背飞虱能否顺利和持续产卵的重要因素。

从以上分析可以看出,春江06和RHT两种抗

虫品种的抗性机理是不同的,前者是杀卵抗性和取食抗性的结合,这一点与Sogawa^[9]的研究结果一致,后者是取食抗性。明恢63则是感虫的恢复系。

此外,常规测定及电子记录结果与水稻品种的田间表现有一定的差别,如RHT在田间表现出产卵量少,为害轻,但常规测定和电子记录均表现出RHT与其他两个品种之间没有显著性差异,这与白背飞虱的取食选择性相关,因为这两种测定方法都是在强迫取食和产卵的情况下进行的。也就是说,将田间调查、常规测定和电子记录3种方法结合起来才能全面地了解某个品种的抗性机制。

参考文献:

- 1 Tang J Y(汤金仪). A preliminary analysis to outbreaks of rice planthoppers in 1991 and its reason. *Plant Pest Forecasts* (病虫测报), 1992,12(2):16-20. (in Chinese)
- 2 Auclair J L, Baldos E. Feeding by the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* within susceptible and resistant varieties. *Entomol Exp Appl*, 1982,32:300-302.
- 3 Velusamy R, Heinrichs E A. Electrical monitoring of feeding behavior of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) on resistant and susceptible rice cultivars. *Environ Entomol*, 1986, 15: 678-682.
- 4 Kimmins F M. Electrical penetration graphs from *Nilaparvata lugens* on resistant and susceptible rice varieties. *Entomol Exp Appl*, 1989, 50:69-79.
- 5 Khan Z R, Saxena R C. Electronically recorded waveforms associated with the feeding behavior of *Sogatella furcifera* (Homoptera:Delphacidae) on susceptible and resistant rice varieties. *J Econ Entomol*, 1984,77:1479-1482.
- 6 Sogawa K, Pathak M D. Mechanism of brown planthopper resistance in Mudgo variety of rice. *Appl Entomol Zool*, 1970,5:145-158.
- 7 Sogawa K. The rice brown planthopper: feeding physiology and host plant interactions. *Ann Rev Entomol*, 1982,27:49-73.
- 8 Hattori M. Probing behavior of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal (Homoptera; Delphacidae) on a non-host barnyard grass, and resistant and susceptible rice varieties. *Appl Entomol Zool*, 2001,36(1): 83-89.
- 9 Sogawa K, Liu G J, Teng K, et al. Mechanisms of varietal resistance to the whitebacked planthopper in a Chinese japonica rice "Chunjiang 06". *Kyushu Plant Prot Res*, 1999,45:45-53.