

运用电子记录技术检测白背飞虱田间种群致害性*

沈君辉¹ 李平² 刘光杰^{1**}

(¹ 中国水稻研究所 水稻生物学国家重点实验室和国家水稻改良中心, 杭州 310006; ² 湖南农业大学 植物保护学院, 长沙 410128)

【摘要】 运用电子记录技术和蜜露量测定法,对浙江富阳和安徽长丰的白背飞虱田间种群进行了致害性检测。结果表明,在2、4和6 h 3种记录时间处理下,在感虫对照水稻品种 Taichung Native 1 (TN1)和高抗白背飞虱水稻品种 Rathu Heenati (RHT)上,韧皮部取食时间的 TN1/RHT 比值相对稳定,将2 h 确定为电子记录检测白背飞虱田间种群致害性的较短记录时间。富阳的白背飞虱田间种群在 N22 (*Wbph1*)、ARC10239 (ARC, *Wbph2*)、ADR52 (*Wbph3*)、N'Diang Marie (ND, *Wbph5*)上分泌的蜜露量之间没有显著差异,且均显著低于在 TN1 上的;在 ARC 和 ADR52 上的韧皮部取食时间也没有显著差异,同时显著地短于在 TN1 上的。长丰的白背飞虱种群在 N22 和 ARC 上的蜜露量没有显著差异,在 ADR52 和 ND 上的蜜露量也不存在显著差异,但在前2个品种上的蜜露量显著高于后2个品种,在 ADR52 上的韧皮部取食时间(22.3 min·2 h⁻¹)也显著地短于在 ARC 上的(49.8 min·2 h⁻¹)。浙江富阳的白背飞虱田间种群没有发生致害性的变化,而安徽长丰的白背飞虱田间种群则对 N22 和 ARC 产生了一定的适应性,有致害性变化的趋势。电子记录技术为快速、准确检测白背飞虱种群致害性及监测其变化提供了一种新的手段。

关键词 白背飞虱 电子记录 取食行为 致害性 水稻

文章编号 1001-9332(2005)06-1090-05 **中图分类号** Q968.1 **文献标识码** A

Virulence of *Sogatella furcifera* field populations to rice varieties: A determination with electronic monitoring system. SHEN Junhui¹, LI Ping², LIU Guangjie¹ (¹National Key Laboratory of Rice Biology and National Center for Rice Improvement, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; ²College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(6): 1090~1094.

With electronic monitoring system (EMS) and honeydew measurement, this paper determined the virulence of *Sogatella furcifera* field populations in Fuyang County of Zhejiang Province and Changfeng County of Anhui Province. The results showed that in the three EMS recording periods (2, 4 and 6 h), the ratios of phloem ingestion duration to susceptible rice variety TN1 (check) and highly resistant variety RHT were relatively stable. Two hours duration was defined as the shortest period to detect the virulence of *S. furcifera* field population by EMS. The amounts of honeydew excreted by *S. furcifera* field population on rice varieties N22, ARC, ADR52 and ND in Fuyang County, which carried the dominant resistance gene *Wbph1*, *Wbph2*, *Wbph3* and *Wbph5*, respectively, were not significantly different from each other, but significantly lower than that on TN1. The durations of phloem ingestion on ARC and ADR52 were not significantly different, but significantly shorter than that on TN1. For the field population in Changfeng County, the amounts of honeydew excreted by *S. furcifera* did not differ significantly on N22 and ARC or on ADR52 and ND, but the honeydew on the former two rice varieties was significantly more than that on the latter two. The duration of phloem ingestion on ADR52 (22.3 min·2 h⁻¹) was significantly shorter than that on ARC (49.8 min·2 h⁻¹). Therefore, the virulence of *S. furcifera* field population in Fuyang County had no changes, whereas in Changfeng County, the population showed a definite adaptation to N22 and ARC, displaying the trend of virulence shift. Electronic monitoring system provided a new means for rapidly and accurately detecting the virulence and monitoring its change of *S. furcifera* field population.

Key words *Sogatella furcifera*, Electronic monitoring, Feeding behavior, Virulence, Rice.

1 引言

随着人们对无公害食品消费需求的日趋增加^[10],抗虫品种的研究和利用倍受关注.使用抗虫品种可以降低生产成本,减少对环境的污染,可与其他害虫防治措施相协调,是水稻害虫可持续治理的重要组成部分之一^[28].但单一抗虫品种的长期种植

往往导致害虫生物型的分化或转变,同时原来的抗虫品种逐渐丧失其抗虫作用^[1,2].因此及时检测和区分害虫的生物型对于选育和利用抗虫品种显得尤

* 国家自然科学基金项目(30370970)和浙江省自然科学基金资助项目(302373).

** 通讯联系人.

2004-04-12 收稿,2004-10-28 接受.

其重要。褐飞虱是一个典型的例证^[14]。检测和区分褐飞虱生物型的方法有标准苗期群体筛选法^[23~25, 29, 33, 34, 36]、蜜露测定法^[25, 29, 30, 33~36]、若虫存活率测定法^[11, 12, 23, 24, 29, 34]、群体建立法^[29, 33]等。这些方法均需要在室内感虫品种上饲养一定代数获得足够大的群体后进行检测^[32]。由于褐飞虱生物型具有不稳定性^[30],在感虫品种上饲养后的群体与采集时的田间群体的致害性可能存在一定的差异性,而且检测过程将耗费较长时间,检测结果易受环境条件(如温度或其他生物因素)的干扰^[32]。针对这些方法,许多学者进行了比较研究,各自意见不一^[7, 21, 32]。我们认为,为了减少由各种客观条件造成的检测误差,缩短检测时间至关重要。上述方法所检测的是褐飞虱对品种抗虫性的反应型或表现型。随着分子生物学技术的发展,DNA和蛋白质分析的方法也应用于昆虫生物型或地理种群的表型差异的遗传背景研究中^[3, 15, 22, 26, 31]。

电子记录(EMS, electronic monitoring system)是专门用于记录刺吸式口器昆虫(如叶蝉和飞虱)取食行为的技术。国外已将这一技术应用到昆虫生物型的研究中。Khan等^[9]研究了不同褐飞虱生物型在抗感水稻品种上的取食行为,发现各生物型在感虫品种上刺探更容易,持续取食时间更长,而在对应的抗虫品种上刺探更频繁,分泌唾液时间更长,而取食时间却很短。在其他害虫生物型的检测中,也开展了类似的研究,如苜蓿斑蚜(*Therioaphis maculata*)^[17]、甘薯粉虱(*Bemisia tabaci*)^[6]、麦二叉蚜(*Schizaphis graminum*)^[5, 8, 18]。但国内运用这一技术开展生物型的研究和监测尚未见报道。

白背飞虱是一种大范围迁飞性的水稻害虫,以刺吸式口器直接取食稻株韧皮部汁液危害水稻^[1, 2, 27]。马巨法等^[16]曾报道,白背飞虱在我国尚无生物型的分化。近年来,我们发现在室内人工饲养的条件下白背飞虱可以发生致害性的变化^[20]。随着抗白背飞虱水稻品种的更替种植,我国白背飞虱田间种群的致害性是否将产生新的变化呢?鉴于此,2003年我们从浙江省富阳市和安徽省长丰县采集白背飞虱田间种群,运用电子记录技术开展其致害性研究,以期为抗虫水稻品种的选育和应用提供有价值的信息。

2 材料与方法

2.1 水稻品种

本项研究中采用的水稻品种有 N22 (*Wbph1*)、

ARC10239 (*ARC*, *Wbph2*)、ADR52 (*Wbph3*)、N'Diang Marie (ND, *Wbph5*) 和高抗白背飞虱水稻品种 Rathu Heenati (RHT)。Taichung Native 1 (TN1) 为感虫对照品种。

2.2 白背飞虱

虫源来自中国水稻研究所富阳试验基地的网室,是在 TN1 稻苗上饲养多代后的白背飞虱。白背飞虱田间种群分别采自浙江省富阳市中国水稻研究所试验农场和安徽省长丰县杨公镇无杀虫剂处理或少杀虫剂处理的稻田,若虫 4~5 龄。在室内用 TN1 稻苗饲养至成虫后,取羽化后 2~3 d 的长翅型雌成虫进行致害性测定。

2.3 电子记录方法及较短记录时间的筛选

采用沈君辉等的方法电子记录白背飞虱的取食行为^[19]。参照 Hattori^[4]的方法对所记录的波形特征进行识别和分析。为了在较短时间内鉴定出白背飞虱个体对抗虫品种的反映,并应用于白背飞虱田间种群致害性的检测,设置了每个重复记录 2、4 和 6 h 的 3 个记录时间梯度,筛选 1 个较短的记录时间。电子记录分别在抗虫品种 RHT 和感虫品种 TN1 稻苗上进行。1 头虫为 1 个重复,每个记录时间处理重复 10 次。计算相同时间处理下各项参数中 TN1 相对于 RHT 的比值。

2.4 白背飞虱田间种群致害性的检测

2.4.1 蜜露量测定 实验用水稻品种有 N22、ARC、ADR52 和 ND。水稻种子直播在小塑料杯(直径 8 cm、高 9 cm)内,7~10 d 后均苗,每杯保留 1 株稻苗。播种 30 d 后,去掉稻株的次生分蘖,在主茎第 1 或第 2 叶鞘的上部套 1 只石蜡膜(parafilm)小袋(2.0 cm × 3.5 cm)。接入 1 头羽化后 2~3 d 的白背飞虱长翅型雌成虫。24 h 后,取下小袋,在 Sartorius (r) (BS110S) 万分之一电子天平上称重。用差量法计算小袋中的蜜露量。1 头虫为 1 个重复,每个品种重复 80 次。测定在室温(27 ± 3 °C)条件下进行。

2.4.2 电子记录 根据蜜露量测定结果和较短记录时间的筛选,在 ARC、ADR52 和 TN1 上电子记录富阳和长丰白背飞虱田间种群的取食情况。1 头虫为 1 个重复,每个品种重复 10 次。

3 结果与分析

3.1 较短电子记录时间的筛选

就 TN1 而言,随着记录时间的延长,白背飞虱分泌唾液时间与 X-波持续时间没有太大的变化,2、4 和 6 h 处理之间没有显著的差异,但韧皮部取食时间明显递增,且存在显著差异(表 1)。在 RHT 上,随着记录时间的延长,3 项参数的值都是递增的,且 2、4 和 6 h 处理之间差异也十分显著。将 2 个品种的各项参数进行相对比较,在 2、4 和 6 h 处理时间下分泌唾液时间的 TN1/RHT 比值分别为 0.6、0.4 和 0.1, X-波持续时间比值分别为 0.6、0.4 和 0.2,说明随着记录时间的延长,分泌唾液时间与 X-波持续

表1 电子记录白背飞虱在 TN1 和 RHT 上取食行为的比较

Table 1 Comparison of feeding behavior of *Sogatella furcifera* on rice variety TN1 and RHT recorded by electronic monitoring system

水稻品种 Rice variety	记录时间 Recording period (h)	取食行为参数 Statistical parameter					
		分泌唾液时间 Salivation duration (min)	TN1/RHT 比值 Ratio of TN1/RHT	X-波持续时间 X-wave duration (min)	TN1/RHT 比值 Ratio of TN1/RHT	韧皮部取食时间 Phloem ingestion duration (min)	TN1/RHT 比值 Ratio of TN1/RHT
TN1	2	2.9 ± 2.5 cd	0.6	18.2 ± 9.1 b	0.6	58.8 ± 30.2 d	3.9
	4	3.7 ± 2.7 cd	0.4	32.4 ± 18.6 b	0.4	160.1 ± 41.9 b	4.6
	6	1.5 ± 1.2 d	0.1	19.5 ± 13.9 b	0.2	318.5 ± 34.6 a	3.0
RHT	2	4.6 ± 1.5 c		30.5 ± 19.0 b		15.2 ± 10.3 e	
	4	9.4 ± 3.1 b		85.6 ± 33.9 a		34.6 ± 13.1 de	
	6	12.6 ± 4.8 a		98.5 ± 45.6 a		105.6 ± 81.0 c	

同一列中, 具有相同英文字母者表示平均数(±标准差)间没有显著差异($P > 0.05$)。In a line, means (±SE) followed by the same letters are not significantly different by least significant difference(LSD) test($P = 0.05$)。

时间的 TN1/RHT 比值会发生变化, 不稳定; 韧皮部取食时间的 TN1/RHT 比值分别为 3.9、4.6 和 3.0, 变化不大, 相对稳定。因此, 我们将每个重复记录 2 h 确定为为进一步检测白背飞虱田间种群致害性的记录时间。电子记录实验结果还表明, 分泌唾液时间与 X-波持续时间这 2 个参数可变性较大, 在较短的记录时间内不易分辨出抗感品种之间的差异, 而韧皮部取食时间在 TN1 和 RHT 上的差异显著。所以, 我们根据韧皮部取食时间, 评价白背飞虱田间种群的致害性差异。

3.2 白背飞虱田间种群的蜜露量

蜜露量测定表明, 富阳的白背飞虱田间种群雌成虫在 N22、ARC、ADR52 和 ND 上分泌的蜜露量分别为 2.05、1.65、2.26 和 2.14 mg/(♀·d), 品种之间没有显著差异, 且均显著低于在感虫对照 TN1 上分泌的蜜露量(图 1)。

安徽长丰的白背飞虱田间种群在 N22 和 ARC 上分泌的蜜露量分别为 2.80 和 3.02 mg/(♀·d), 品种之间没有显著差异; 在 ADR52 和 ND 上分泌的蜜露量分别为 2.02 和 1.67 mg/(♀·d), 品种之间也不存在显著差异; 但在前 2 个品种上的蜜露量显

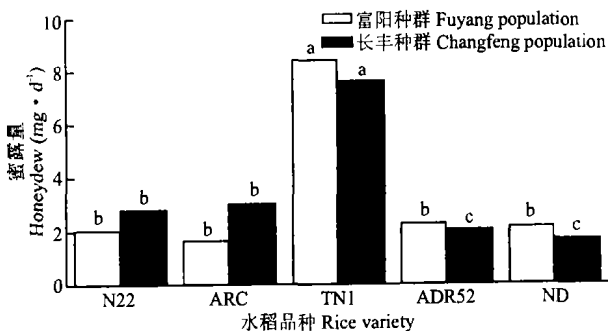


图1 白背飞虱田间种群雌成虫在不同水稻品种上分泌的蜜露量
Fig.1 Amount of honeydew excreted by field population of *Sogatella furcifera* on rice varieties.

在同一种群中, 具有相同英文字母者表示平均数之间没有显著性差异($P > 0.05$)。Within the same population, the same letters above bars indicate no significant difference by least significant difference test($P > 0.05$)。下同 The same below。

著高于后 2 个品种上的蜜露量(图 1)。在这 4 个抗虫品种上, 白背飞虱的蜜露量均显著低于其在感虫对照 TN1 上的蜜露量。

3.3 白背飞虱田间种群的韧皮部取食时间

根据白背飞虱田间种群在 4 个抗性基因水稻品种上的蜜露量测定的结果, 选取 ARC、ADR52 和 TN1 进行白背飞虱取食行为的电子记录。同时, 根据电子记录较短时间的筛选结果, 确定每个重复的记录时间为 2 h。白背飞虱田间种群的电子记录结果表明, 富阳种群在 ARC 和 ADR52 上的韧皮部取食时间分别为 31.2 和 24.0 min·2 h⁻¹, 没有显著差异, 同时显著地短于在 TN1 上的(64.3 min·2 h⁻¹) (图 2)。

安徽长丰种群在 ADR52 上的韧皮部取食时间(22.3 min·2 h⁻¹)最短, 显著地短于在 ARC 的(49.8 min·2 h⁻¹); 在 ARC 和 ADR52 上的韧皮部取食时间均显著地短于在 TN1 上的韧皮部取食时间(78.6 min·2 h⁻¹)(图 2)。

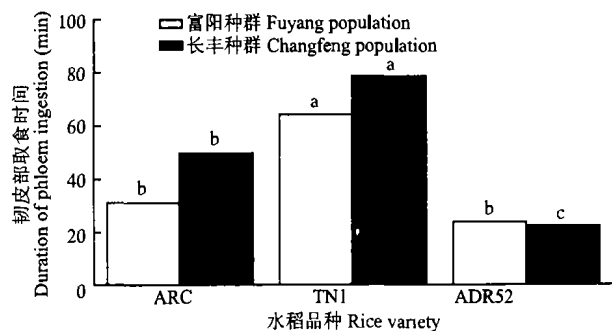


图2 白背飞虱田间种群在不同水稻品种上的韧皮部取食时间
Fig.2 Electronic monitoring duration of phloem ingestion for field populations of *Sogatella furcifera* on rice varieties.

4 讨 论

电子记录技术通过记录刺吸式昆虫在口针刺探和取食过程中产生的波形特征来判断其取食行为。电子记录白背飞虱的韧皮部取食时间与蜜露量成正相关^[13,19]。结果表明, 浙江富阳的白背飞虱田间种

群在4个抗虫品种上分泌的蜜露量都很低,且差异不显著,同时均显著低于其在感虫对照品种TN1上的蜜露量.在ARC和ADR52上的韧皮部取食时间分别占整个2h记录时间的26.0%和20.0%,而在TN1上的韧皮部取食时间却占整个记录时间的53.6%.就安徽长丰的白背飞虱田间种群而言,对4个抗虫品种的抗性反应出现了一定的分化.在N22和ARC上分泌的蜜露量明显比ADR52和ND上的高,且均显著低于其在TN1上的蜜露量.电子记录也获得了类似的结果.在ARC上韧皮部取食的时间较长,占整个记录时间的41.5%,ADR52的抗虫性明显更强一些,其韧皮部取食时间仅占整个记录时间的18.6%,而在TN1上的韧皮部取食时间占整个记录时间的65.5%.也就是说,这2种检测方法一致地表明,浙江富阳的白背飞虱种群没有发生致害性的变化,而安徽长丰种群则对N22和ARC这2个品种产生了一定的适应性,有致害性分化的趋势.这是否与安徽长丰当地或者虫源地种植的水稻品种有关,有待进一步研究.

由于在外地田间采集虫源的数量有限或死亡率较高,运用存活率测定、群体建立等方法检测褐飞虱田间种群的生物型时,必须在室内繁殖供试虫以获得足够大的群体.特别是标准苗期群体筛选法需要大量的虫源.俞晓平等^[32]认为,褐飞虱田间种群在室内饲养繁殖的代数应控制在3代以内.肖英方等^[30]研究表明,人工在Mudgo上诱导产生的褐飞虱生物型2再回到感虫品种上连续饲养8代以后,其致害力显著下降,已不能适应Mudgo.白背飞虱一般需要25d左右完成1个世代的生长发育过程.如果饲养2代的话,则要在50d左右以后才能进行致害性检测.对于蜜露量测定法,如果在同一天接虫测定,在2d内可以完成接虫和检测.如果在4个具有显性抗性基因的水稻品种上顺序接虫,则需要8d时间进行接虫和测定.运用苗期群体筛选法和群体建立法等则将历时1个星期左右.也就是说,在运用以上各种方法进行致害性检测时,从虫源饲养到检测的整个过程耗时较长,且工作量较大.而运用电子记录的方法检测白背飞虱的致害性则仅需少量的虫源,从田间直接采集虫源或经过短时间饲养就可以进行致害性检测,从而避免由于室内饲养过程可能导致的致害性检测误差,同时检测的时间也较短.如果按4个标准检测品种,每个品种上记录10头虫,每头虫记录2h计算的话,在80h内可以完成1个田间种群的致害性检测.在本次实验中,我们仅通

过电子记录40头虫的取食行为得到与蜜露量测定一致的结果.是否需要再增加重复数,进一步提高检测结果的精度,还有待探索.

另外,电子记录检测白背飞虱致害性采取的是逐个检测,其检测结果可以反映白背飞虱个体的致害性.褐飞虱个体致害性检测方法主要采取蜜露量测定法.因此,预计电子记录方法也同样可以应用于褐飞虱个体致害性的检测.这种检测方法将更加快速、便捷.

致谢 安徽农业大学陈洁、中国水稻研究所王玉琴参加了实验昆虫的采集和饲养,在此表示谢意.

参考文献

- 1 Chen J-M(陈建明), Yu X-P(俞晓平), Lü Z-X(吕仲贤), et al. 2003. Tolerance of rice varieties to whitebacked planthopper *Sogatella furcifera* and variation of nutrient components in rice plants. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(12): 2246~2250 (in Chinese)
- 2 Chen J-M(陈建明), Yu X-P(俞晓平), Lü Z-X(吕仲贤), et al. 2003. Adaptation of *Sogatella furcifera* to insect-resistance rice variety N22. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(11): 1939~1942 (in Chinese)
- 3 Fan J-C(方继朝), Du Z-W(杜正文), Xia L-R(夏礼如), et al. 1996. A study on the biotype specific protein in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 39(3): 330~332 (in Chinese)
- 4 Hattori M. 2001. Probing behavior of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae) on a non-host barnyard grass, and resistant and susceptible rice varieties. *Appl Ent Zool*, 36(1): 83~89
- 5 Hays DB, Porter DR, Webster JA, et al. 1999. Feeding behavior of biotypes E and H greenbug (Homoptera: Aphididae) on previously infested near-isolines of barley. *J Econ Ent*, 92(5): 1223~1229
- 6 Jiang YX, Lei H, Collar JL. 1999. Probing and feeding behavior of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. *J Econ Ent*, 92(2): 357~366
- 7 Jiang Z-Q(江志强), Wu R-Z(吴荣宗), Zhang L-Y(张良佑). 1994. Studies on the field monitoring techniques for the biotypes of brown planthopper. *Acta Phytophyl Sin* (植物保护学报), 21(1): 1~6 (in Chinese)
- 8 John O, Webster JA, Peters DC. 1992. Feeding behavior and development of biotypes E, G, and H of *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae) on 'Wintermalt' and 'Post' barley. *J Econ Ent*, 85(4): 1522~1526
- 9 Khan ZR, Saxena RC. 1988. Probing behavior of three biotypes of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) on different resistant and susceptible rice varieties. *J Econ Ent*, 81(5): 1338~1345
- 10 Li B-T(李保同), Shi Q-H(石庆华), Fang J-H(方加海), et al. 2004. Techniques of diseases, insect pests and weeds control and their efficacy in bio-rational rice production. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(1): 111~115 (in Chinese)
- 11 Li Q(李青), Luo S-Y(罗善昱), Shi A-X(师翱翔), et al. 1994. Studies on the biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål in China. *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报), 7(3): 89~96 (in Chinese)
- 12 Li Q(李青), Luo S-Y(罗善昱), Shi A-X(师翱翔), et al. 1997. The biotypes of brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) with a view to its control. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 40(supp.): 139~146 (in Chinese)
- 13 Liu G, Wilkins RM, Saxena RC. 1994. Behavioral responses of the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Homoptera: Del-

- phacidae), on rice plants whose odors have been masked. *J Insect Beh*, 7(3): 343~353
- 14 Lü Z-X(吕仲贤), Yu X-P(俞晓平), Tang J(唐健). 2000. Tolerance of various geographic populations of brown planthopper to adverse environmental stresses. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(5): 745~748(in Chinese)
- 15 Luo C(罗晨), Yao Y(姚远), Wang R-J(王戎疆), et al. 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 Ent Sin* (昆虫学报), 45(6): 759~763(in Chinese)
- 16 Ma J-F(马巨法), Tang J(唐健), Hu G-W(胡国文). 1989. Studies on the biotype differentiation of whitebacked planthopper. *Plant Prot* (植物保护), 15(3): 28(in Chinese)
- 17 Nielson MW, Don H. 1974. Probing behavior of biotypes of the spotted alfalfa aphid on resistant and susceptible alfalfa clones. *Ent Exp Appl*, 17: 477~487
- 18 Peters DC, Kerns D, Puterka GJ, et al. 1988. Feeding behavior, development, and damage by biotypes B, C, and E of *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae) on 'Wintermalt' and 'Post' barley. *Environ Ent*, 17(3): 503~507
- 19 Shen J-H(沈君辉), Liu G-J(刘光杰), Chen A-H(陈爱辉), et al. 2003a. Electronic monitoring feeding and oviposition behavior of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera*. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 17(1): 73~76(in Chinese)
- 20 Shen J-H(沈君辉), Wang Y(王燕), Sogawa K, et al. 2003b. Monitoring the changes in virulence of different populations of the white backed planthopper, *Sogatella furcifera* rearing on resistant rice varieties. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 17(supp.): 84~88 (in Chinese)
- 21 Shi A-X(师翱翔), Luo S-Y(罗善昱), Wei S-M(韦素美), et al. 1995. Comparative study on the identification method of the biotype of brown rice planthopper. *Guangxi Agric Sci* (广西农业科学), (4): 169~171(in Chinese)
- 22 Sun S(孙姗), Xu M-L(徐茂磊), Wang R-J(王戎疆), et al. 2000. A preliminary study on differentiation among geographical populations of Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis*) using RAPD method. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 43(1): 103~106 (in Chinese)
- 23 Tan Y-J(谭玉娟), Zhang Y(张扬), Huang B-C(黄炳超). 1997. Monitoring the variation dynamics of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) biotypes and recommending the resistant rice cultivars and resources. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 40(1): 32~39(in Chinese)
- 24 Tao L-Y(陶林勇), Yu X-P(俞晓平), Wu G-R(巫国瑞). 1992. Preliminary monitoring the biotypes of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål in China. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 25(3): 9~13(in Chinese)
- 25 Wang G-R(王桂荣), Fan Y-Y(樊叶扬), Zhuang J-Y(庄杰云), et al. 2001. DNA-based genetic variation in rice brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 44(1): 123~126 (in Chinese)
- 26 Wang G-R(王桂荣), Lai F-X(赖凤香), Fu Q(傅强), et al. 1996. Appraisal of biotypes of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) from Hangzhou suburbs. *J Zhejiang Agric Sci* (浙江农业科学), (6): 272~273(in Chinese)
- 27 Wang R-F(王荣富), Cheng X-N(程遐年), Zou Y-D(邹运鼎). 1998. Feeding effect of brown and white-backed planthoppers on vegetative growth of rice plants. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 9(1): 51~54 (in Chinese)
- 28 Wang R-F(王荣富), Zhang C-L(张成林), Zou Y-D(邹运鼎), et al. 2000. Effect of rice variety resistance on population dynamics of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(6): 861~865(in Chinese)
- 29 Wu R-Z(吴荣宗), Zhang L-Y(张良佑), Qiu X-G(邱细广), et al. 1981. Studies on the biotype of brown planthopper in China. *Acta Phytophyl Sin* (植物保护学报), 8(4): 217~226(in Chinese)
- 30 Xiao Y-F(肖英方), Gu Z-Y(顾正远), Qiu G(邱光), et al. 1998. Track monitoring of the biotype of brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) immigrating into rice field in Jiang-Huai region. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 41(3): 275~279(in Chinese)
- 31 Xu X-F(许晓风), Cheng X-N(程遐年), Zu Y-D(邹运鼎). 2000. Analysis on RAPD of genome DNA in different BPH biotypes. *J Anhui Agric Univ* (安徽农业大学学报), 27(1): 5~8(in Chinese)
- 32 Yu X-P(俞晓平), Ye G-Y(叶恭银). 1993. Studies on the monitoring techniques of biotypes of rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. *Bull Sci Technol* (科技通报), 9(4): 260~270(in Chinese)
- 33 Zeng X-S(曾宪森), Fu L-H(傅丽辉), Zhou W-T(周文通), et al. 2000. Study on the biotypes of brown planthopper in Fujian. *Fujian J Agric Sci* (福建农业学报), 15(4): 6~11(in Chinese)
- 34 Zhang Y(张扬), Tan Y-J(谭玉娟), Chen F(陈峰), et al. 1991. Census and monitoring of brown planthopper biotypes on rice in Guangdong. *Guangdong Agric Sci* (广东农业科学), (2): 22~25(in Chinese)
- 35 Zhang Z-T(张志涛), Chen W(陈伟), Jiang R-C(姜人春), et al. 1997. The virulence shift of rice brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) on different rice varieties. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 40(supp.): 110~115(in Chinese)
- 36 Zhu X-W(祝小文). 1989. Appraisal of biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *J Southwest Agric Univ* (西南农业大学学报), 11(4): 353~354(in Chinese)

作者简介 沈君辉,女,1971年生,硕士,助理研究员.主要从事水稻害虫可持续治理研究,发表研究论文10余篇. E-mail: ps2000@mail.hz.zj.cn
